

Elektrotechnik und Maschinenbau

ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN
VERBANDES FÜR ELEKTROTECHNIK

HRIFTLEITER: H. SEQUENZ UND F. SMOLA, WIEN SPRINGER-VERLAG, WIEN

3. Jahrgang

Wien, 1. Mai 1961

Heft 9, Seite 305—344

DER NEUE

F&G

FEHLER- STROM- SCHUTZ- SCHALTER

MIT IMPULSAUSLÖSUNG UND GEDRUCKTER SCHALTUNG

KLEINER UND BESSER



FELTEN & GUILLEAUME

FABRIK ELEKTR. APPARATE

AKTIENGESELLSCHAFT

SCHREMS-EUGENIA · NIEDERÖSTERREICH



TECHNISCHES BÜRO:

WIEN 2, HOLLANDSTRASSE 8

TELEFON 23 31 76 Δ

DAS MI-KABEL

EIN LICHT- UND STARKSTROMKABEL HÖCHSTER SICHERHEIT

- **EXPLOSIONSSICHER**
 - **FLAMM- UND FEUERFEST BIS 1000 °C**
 - **UNDURCHDRINGLICH FÜR WASSER, ÖLE, GASE USW.**
 - **HOHE DURCHSCHLAGS- UND KURZSCHLUSSFESTIGKEIT**
 - **GROSSE WIDERSTANDSFÄHIGKEIT GEGEN DRUCK UND SCHLAG**
 - **AUFNAHME HOHER STROMÜBERLASTUNGEN**
 - **VON HAND AUS LEICHT BIEGSAM**
 - **EINFACH UND SCHNELL INSTALLIERBAR**
 - **KEINE SCHUTZROHRE ERFORDERLICH**
 - **PRAKTISCH UNBEGRENZTE LEBENSDAUER**

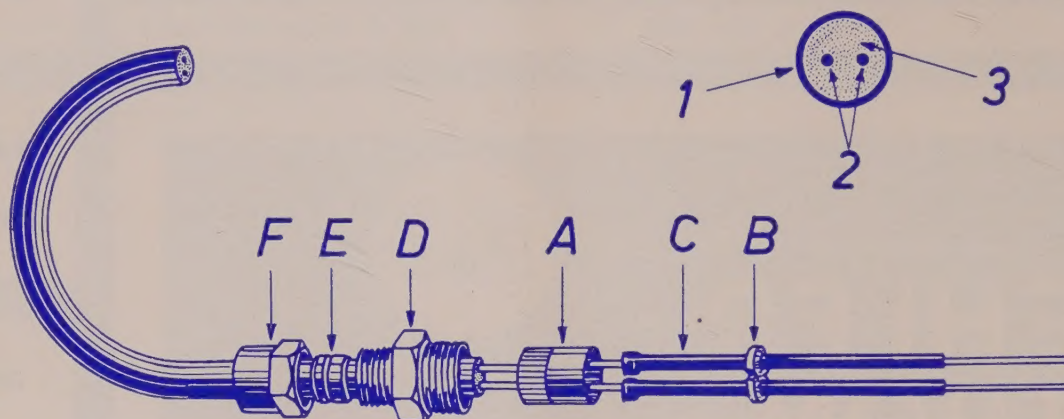


Abbildung eines 2adrigen MI-Kabels mit Ab- und Anschlußteilen, sowie ein Querschnitt des MI-Kabels:

- Kabel-ABSchlußteile: A = Abschlußhülse (Messing) mit Schneidgewinde zum Aufschrauben auf den Kabelmantel
 B = Fiber- bzw. Glasfaser-Scheibe zum Abschluß der (mit feuchtigkeitsfestem und hitzbeständigem Compound gefüllten) Hülse A
 C = Isolier-Röhrchen aus PVC, Silicongummi oder PTEE (Polytetrafluorethylene)
- Kabel-ANSchlußteile: D = Buchsenschraube (Messing) mit 2 Gewinden
 E = Druckring (Messing)
 F = Buchsen-Mutter (Messing)
- Kabel-Querschnitt: 1 = Kabelmantel (Kupfer)
 2 = Innenleiter (Kupfer)
 3 = hochkomprimiertes Magnesiumoxyd

Das MI-KABEL (Mineral-Isoliertes Kabel), welches mit 1, 2, 3, 4 und 7 Innenleitern in insgesamt 55 verschiedenen Typen für die Spannungsbereiche 440 V und 660 V vom BICC-Konzern in England hergestellt wird, wird wegen seiner hervorragenden Eigenschaften überall dort eingesetzt, wo es gilt höchsten Sicherheitsmaßnahmen oder großer Hitzebeständigkeit Rechnung zu tragen. So wird das MI-KABEL z. B. in Schiffen, Öltankern, Raffinerien, Tankstellen, Kraftwerken, Dampfturbinen, Sprengstofffabriken und chemischen Betrieben, aber auch in Gebäuden mit hohen Kunstwerten wie Museen, Opernhäusern, Theatern, Kirchen und Archiven mit bestem Erfolg eingesetzt.

Technische Beratung, Prospekte und Tabellen, Vorführung von Mustern und Offertstellung.

BRITISH INSULATED CABLES LIMITED

21 Bloomsbury Street, LONDON, W.C.1.

Generalrepräsentanz für Österreich:



BRAUN & BRAUN

GESELLSCHAFT FÜR WERKSBEDARF

WIEN XVII, Rosensteingasse 71 · Telefon 66 14 90/99 · Fernschreiber (01) 1592

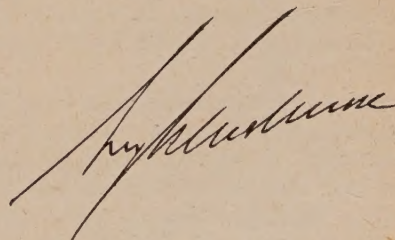
Zum Geleit

Die am 17. und 18. Mai in Wien stattfindende 34. Fachtagung des Arbeitsausschusses Sicherheitstechnik des Unfallverhütungsdienstes in der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt gilt diesmal in besonderer Weise den Aufgaben des Elektroschutzes. Gleichzeitig soll die Ehrung eines österreichischen Gelehrten, der sein langes, arbeitsreiches Leben der Erforschung der Gefahren des elektrischen Stromes für den menschlichen Organismus und der Mittel und Wege zur Heilung von elektrischen Schädigungen gewidmet hat, erfolgen. Es ist dies Herr Professor Dr. Stephan Jellinek, der in diesen Tagen seinen 90. Geburtstag feiert.

Der Österreichische Verband für Elektrotechnik, der die gefahrlose Anwendung der Elektrizität als seine Hauptaufgabe ansieht, nimmt diese Veranstaltung gerne zum Anlaß, das vorliegende Heft den Problemen des Elektroschutzes zu widmen, und gibt der Hoffnung Ausdruck, daß aus den Beratungen so vieler Fachleute neue Impulse für die Bestrebungen des Elektroschutzes in Österreich kommen mögen. Wir hoffen aber auch sehr, daß die gesetzlichen Grundlagen für die von uns seit 1888 ausgearbeiteten Sicherheitsvorschriften von den zuständigen Behörden endlich geschaffen und in Kraft gesetzt werden, so daß unsere jahrzehntelangen Arbeiten gegen die Gefahren der so hochkonzentrierten Energieform „Elektrizität“ endlich auf einem sicheren Fundament aufbauen und dadurch wesentlich wirkungsvoller werden können.

Österreich, das der Welt auf dem Gebiet der Elektrotechnik so viele namhafte Wissenschaftler und Ingenieure geschenkt und so viele grundlegende Erfindungen hervorgebracht hat¹, darf daher auch im Kampf gegen den Elektrounfall nicht zurückstehen; es muß vielmehr trachten, seine frühere, führende Stellung auf diesem Gebiet wieder zu gewinnen. Möge dieses Heft ein Beitrag und Auftakt hierzu sein.

Der Präsident



Gen.-Dir. Dipl.-Ing. Hugo Schedlbauer

¹ Siehe z. B. E und M, 75. Jg. (1958), H. 9, Sonderheft zur 75-Jahr-Feier des ÖVE.

Elektroschutz bei Arbeiten an Hochspannungsanlagen

Von F. SCHÖFFEL, Wien

DK 621.316.9.027.3 : 614.825

Der Aufsatz behandelt das Problem der vollständigen Anwendung aller notwendigen Sicherheitsvorkehrungen bei Arbeiten in Hochspannungsanlagen und an Freileitungen durch das Personal der Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Es werden organisatorische Maßnahmen und sicherheitstechnische Einrichtungen beschrieben, die im Bereich der österreichischen Verbundgesellschaft Anwendung finden.

1) Einführung

Die Frage der betrieblichen Sicherheit in Anlagen der Elektrizitätsversorgung kann optimal nur dann gelöst werden, wenn es gelingt, die technischen und organisatorischen Vorkehrungen in einer möglichst vollkommenen Synthese mit den psychologischen Gegebenheiten zu vereinen.

Vor allem muß die Anwendung der technischen Arbeitsschutzmaßnahmen programmatisch und überzeugend in die Planung des Arbeitsablaufes eingeführt sein, damit nicht nur ein möglichst vollkommener technischer Arbeitsschutz gegeben ist, sondern darüber hinaus auch allen in elektrischen Anlagen Tätigen eine sicherheitstechnische Routineschulung vermittelt wird.

Bei technischen Informationen und Schulungen des Personals wird dem Thema „Unfallschutz“ oft nicht mit der notwendigen Aufgeschlossenheit begegnet, da der Begriff „Unfall“ leicht mit unangenehmen Assoziationen verbunden und daher nur allzu gerne aus dem Bewußtsein verdrängt wird.

Damit aber Präventivmaßnahmen so ausreichend und vollständig angewendet werden, daß sie tatsächlich zur Vermeidung von Unfällen und Sachschäden führen, ist ein genau festgelegter und psychologisch durchdachter Plan erforderlich, in welchem folgende Gesichtspunkte besonders zu beachten sind:

(1) Die einzuhaltenden Sicherheitsmaßnahmen müssen so dargestellt werden, daß ihr Nutzen für den Betroffenen klar ersichtlich ist.

(2) Es muß klargestellt werden, daß Unfallsicherheit eine Gemeinschaftsleistung ist, welche nur durch gegenseitige Zusammenarbeit und Überwachung zustande kommt.

(3) Die Schutzmaßnahmen sind so zu gestalten, daß sie einen möglichst geringen Aufwand an psychischer und physischer Energie und Zeit erfordern. Der Betroffene muß das Bewußtsein haben, daß der damit verbundene Aufwand seinem Vorteil und dem des Unternehmens dient und das Maß des unbedingt Notwendigen nicht überschreitet.

(4) Jeder Beschäftigte muß davon überzeugt werden, daß die Sicherheitsmaßnahmen einen integrierenden Bestandteil seiner Arbeit bilden. Alle einschlägigen Vorschriften, Weisungen und gewonnenen Erfahrungen müssen schließlich dahin führen, daß das Sicherheitsbewußtsein immer gegenwärtig ist, ja sich nach Möglichkeit verstärkt und die der Unfallsicherheit dienenden Handlungen zur Gewohnheit werden.

Die erfolgversprechende Kombination von persönlicher Sicherheitseinstellung und Beachtung von Sicher-

heitsanweisungen ist auf verschiedenen Wegen zu erreichen. Hierzu ein Beispiel, das sich beliebig modifizieren oder ergänzen läßt:

(1) lebendig gehaltene Vorträge und Schulungen mit Übungsbeispielen, Lichtbildern und Filmen;

(2) dauernde Information durch Merkblätter, Rundschreiben über bemerkenswerte Unfälle und interessante Sicherheitsmaßnahmen, Fachschriften und Fachbücher. Das Interesse zur Verwertung des gelesenen Stoffes kann dabei am besten durch von den verantwortlichen Personen geleitete Diskussionen erreicht werden.

(3) Übergabe einer Sammlung der Beschreibung und Erläuterung von Sicherheitsmaßnahmen bei elektrischen Anlagen in Form eines Ringbuches an das Personal. Die Schrift hat den Vorteil, daß die Anweisungen leicht ergänzt werden können. In dem bei Neuaufnahmen zu unterschreibenden Unfallverhütungsrevers ist eine Kurzfassung dieser Forderungen enthalten.

(4) In dem Formblatt über das Abschaltprogramm, mit dem die Freischaltung einer bestimmten Leitung oder eines Schaltfeldes für die Arbeit bestätigt wird, sind die erwähnten Sicherheitsanleitungen schlagwortartig zusammengefaßt. Die angeführten Leitregeln sind punktweise abzuheften und darnach zu unterschreiben. Bei den nicht ausgeführten Punkten ist — natürlich nur dann, wenn das im konkreten Fall verantwortbar ist — durch Beistellen einer Null zu kennzeichnen, daß sie nicht durchgeführt wurden. Dieses Formblatt steht derzeit noch in Erprobung.

(5) Das verantwortliche Personal wird im Rahmen einer Qualifikationsbeurteilung auf sicherheitstechnischem Gebiet geprüft.

Zur besseren Übersicht werden nachstehend wesentliche Sicherheitsmaßnahmen beschrieben, die Gegenstand der erwähnten Informationsmittel sind:

2) Arbeitsvorbereitung

Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung sind zunächst durch die verantwortlichen Organe der Zeitablauf und Arbeitsumfang mit allen erforderlichen Angaben in einem Abschaltprogramm bzw. Revers schriftlich festzulegen. Dabei muß aber dafür gesorgt werden, daß alle mit dem Vorhaben befaßten Personen Kenntnis von den notwendigen Sicherheitsvorkehrungen erhalten. Jede Tätigkeit an elektrischen Anlagen darf — mit Ausnahme von Notfällen — nur über Auftrag eines verantwortlichen Organs vorbereitet und in Angriff genommen werden. Bei Arbeiten in der Nähe spannungsführender Teile sind stets mit der Sachlage genauest vertraute Aufsichtsorgane einzusetzen. Das für die Ausführung der Arbeiten verantwortliche Organ hat in den erwähnten Formblättern detailliert die durchzuführenden Sicherheitsmaßnahmen, Abschaltzeiten, Arbeitsort (Systembezeichnung) und Ablauf des Vorhabens schriftlich festzuhalten, den Inhalt zu bestätigen und dem beteiligten Personenkreis mitzuteilen und dabei auf besondere Gefahren hinzuweisen.

In ähnlicher Weise sollen auch alle anderen an den Arbeiten Beteiligten vor Beginn der Arbeit die Gefahrensituation nach folgenden Grundsätzen genau überlegen:

1. *Erkunden* der Situation und Gefahren;
2. *Beurteilen* der Lage und Gefährdung des Arbeitsortes;
3. *Beschlußfassen* über den Umfang des Einsatzes von Sicherheitsvorkehrungen und das zweckentsprechende Verhalten.

Im Zuge der Arbeitsvorbereitung sind auch sämtliche Werkzeuge, Maschinen und Arbeitsbehelfe zu prüfen. Schadhafte Geräte sind sogleich aus dem Gebrauch zu ziehen und durch einwandfreie zu ersetzen. Dabei müssen sie durch Aufschrift deutlich als unbrauchbar gekennzeichnet werden.

Vor Einsatz der Sicherheitsvorkehrungen haben sich die Vorgesetzten persönlich davon zu überzeugen, daß die notwendigen Schutzeinrichtungen in ausreichender Menge und ordnungsgemäßem Zustand an der Arbeitsstelle verfügbar sind.

Mit der gewissenhaften und gründlichen Arbeitsvorbereitung, auch in sicherheitstechnischer Beziehung, steht und fällt die Sicherheit am Arbeitsplatz.

Erst nach dieser grundlegenden Arbeitsvorbereitung kann zu den Maßnahmen geschritten werden, welche vom Standpunkt des Elektroschutzes der Arbeitsaufnahme unmittelbar vorangehen müssen.

3) Sicherheitsmaßnahmen vor Aufnahme der Arbeiten

3.1) Allpolig und allseitig abschalten

Bei betriebsmäßigen Abschaltungen sollen, von technisch bedingten Ausnahmefällen abgesehen, grundsätzlich neben dem Leistungsschalter auch die zugeordneten leitungs- und sammelschienenseitigen Trennschalter geöffnet werden. Diese zur Routine werdende Schaltfolge hat den Vorteil, daß auch bei kurzwährenden Tätigkeiten im Bereich eines Schaltfeldes sämtliche Schalthandlungen durchgeführt werden.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, daß die Arbeitsstelle von allen möglichen Spannungsanspeisungen freizuschalten ist. Die Ausschaltungen sind weisungs- und programmgemäß in Beachtung der richtigen Schaltfolge auszuführen. Mündliche, schriftliche oder telefonische Meldungen der vollzogenen Abschaltungen sind abzuwarten und, um Hörfehler zu vermeiden, zu wiederholen und schriftlich mit genauer Zeitangabe festzuhalten. Die Arbeitsstelle kann erst als außer Spannung stehend betrachtet werden, wenn die Abschaltung sämtlicher Pole aller für die Spannungszuführung des Abzweiges zuständigen Trenner, auch Nullschienentrenner bei Transformatoren, kontrolliert ist. Sind Trennschalter überbrückt oder nicht vorhanden, dann ist durch andere Maßnahmen eine offene Trennstelle zu schaffen.

3.2) Gegen Wiedereinschalten sichern

Nach vollzogener Abschaltung muß ein versehentliches oder fehlerhaftes Wiedereinschalten durch gleichzeitige Anwendung von mindestens 2 Verriegelungsmaßnahmen verhindert werden. Dabei ist anzustreben, daß sich die Ausführungsarten der Schalterantriebs-

sperrungen in ihrer Wirkung mehrfach überdecken, um eine verlässliche Sicherung gegen ein zufälliges Unwirksamwerden einer Blockierung zu erhalten.

Die zweckmäßigste Kombination der verschiedenen Blockierungsmöglichkeiten der Schalter ergibt sich aus der nachfolgenden Aufstellung:

- (1) Absperren der Druckluft- bzw. Steuerölleitungen bei den Schalterantrieben;
- (2) mechanische Verriegelung der Trennschalterantriebe mit Blockierungsstücken bzw. Einschubtafeln;
- (3) Abdeckung der Betätigungsdruckknöpfe;

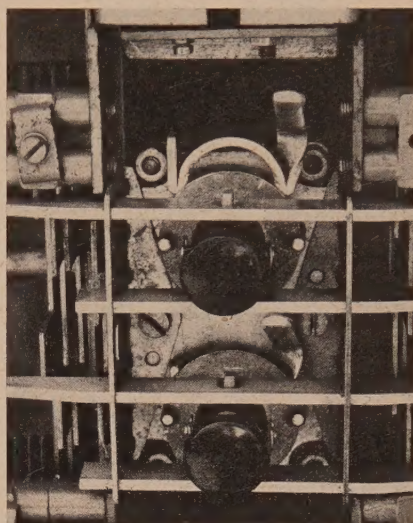


Abb. 1. Sicherungsbügel (Blockierung) für Betätigungsorgane von Druckluftsteuergeräten

- (4) Anwendung von Sicherungsbügeln für Druckluftsteuergeräte (Abb. 1);
- (5) Unterbrechung der Steuerstromkreise;
- (6) Herausnehmen der Schmelzeinsätze oder Öffnen und Verriegeln der Selbstschalter;

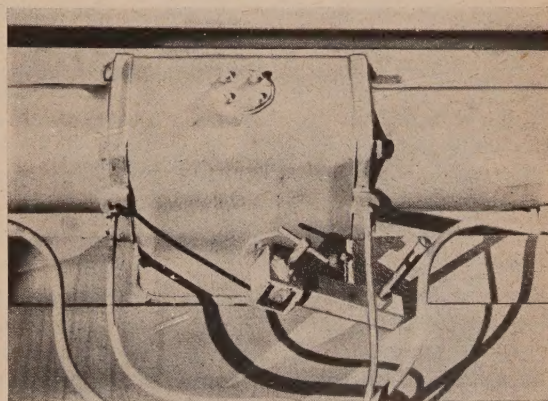


Abb. 2. Blockierungsstück zur Einschaltverriegelung am Handantriebsbolzen des Druckluftkolbens eines Trennschalters

- (7) Bezeichnung sämtlicher Betätigungsorgane für Schalter und Trennvorrichtungen sowie zugehöriger Steuerorgane, Druckknöpfe, Steigbügelantriebe, Sicherungen, Selbstschalter usw. mit Stecktafeln u. dgl.

Dem Wortlaut der Tafeln muß eindeutig entnommen werden können, daß nicht eingeschaltet werden darf.

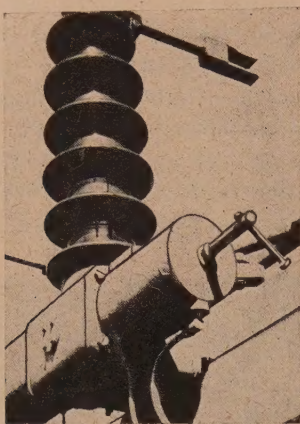


Abb. 3. Blockierungsbolzen zur Ein- oder Ausschaltverriegelung für Einsatz im Druckluftzylinder

Besonders in Freiluftanlagen ist der sogenannten „Primärblockierung“ durch Verriegelungsstücke an den Antriebsmechanismen der Trennschalter der Vorzug zu geben (Abb. 2 und 3).

3,3) Auf Spannungsfreiheit prüfen

In Hochspannungsschaltanlagen ist es in der Regel verhältnismäßig einfach, die Prüfung auf Spannungsfreiheit durch Kontrolle aller im Bereich befindlichen Trennstellen vorzunehmen. Darüber hinaus ist die Feststellung des spannungsfreien Zustandes durch optische oder akustische Anzeigegeräte zwar erwünscht, doch wird in der Praxis leider nur selten davon Gebrauch gemacht. Dies liegt u. a. am Mangel der universellen Anwendbarkeit der zum Teil noch in Entwicklung befindlichen Prüfeinrichtungen.

Das Verfolgen der Leitungsführung von den Trennstellen zum Arbeitsort an Hand von Schalt- und Leitungsplänen bzw. die Angabe der die Abschaltung durchführenden Stellen muß in Fällen, in denen Spannungsprüfer nicht eingesetzt werden können, genügen, um die einwandfreie Abschaltung als gegeben zu betrachten. Tatsächlich genügt es aber nur dann, wenn durch mehrfache gewissenhafte Überprüfung ein Irrtum völlig ausgeschlossen erscheint. Werden Geräte zur Feststellung des spannungsfreien Zustandes eingesetzt, dann ist die einwandfreie Funktion dieser Geräte vor jeder Anwendung an spannungsführenden Teilen zu erproben.

Wenn keine Möglichkeit besteht, einen Spannungsprüfer einzusetzen bzw. durch Kontrolle der offenen Trennstellen die Spannungsfreiheit zu prüfen, dann muß das Einsetzen besonders der ersten Erdungsgarnitur äußerst vorsichtig erfolgen, so als ob der zu erdende Anlagenteil unter Spannung stünde. Dabei ist die Kopfklemme mit Rücksicht auf ein eventuelles Ausschlagen des Erdungsseiles infolge dynamischer Stromwirkungen bei möglichst großem Abstand vom Bedienenden mit der Isolierstange dem Leiter zu nähern.

Bei Anwendung von Wurferdungen muß ein zweckentsprechendes System gewählt werden, das bei eventueller Spannungsführung keine Gefährdung ergibt.

3,4) Erden, Kurzschließen und Potentialsteuern

Nach der Vorschrift VDE 0105¹⁾ ist das Berühren ausgeschalteter Anlagenteile vor Erden und Kurzschließen dieser Teile verboten. Jede Zuleitung, die Spannung heranzuführen kann, ist an der Arbeitsstelle zu erden und kurzzuschließen. Die Erdungs- und Kurzschlußeinrichtungen müssen so bemessen sein, daß sie dem Kurzschlußstrom bis zur Abschaltung, d. h. auf Dauer der Auslösezeit, mindestens aber 1 s hindurch thermisch und dynamisch standhalten.

Die Forderung, daß Erdungsgarnituren auch zur einwandfreien Ableitung von Kurzschlußströmen geeignet sein müssen, muß eingehalten werden, wenn solche Einrichtungen zu Kurzschlüssen herangezogen werden. Reicht der Querschnitt eines Erdungskabels nicht aus, um den zu erwartenden Kurzschlußstrom über die Ausschaltzeit zu ertragen, dann sind zusätzliche Erdungen parallel anzuschließen.

Bei dem derzeitigen technischen Stand der kurzschlußfesten Ausführung von Erdungsgarnituren ist man nicht gezwungen, Kurzschlüsse an der Arbeitsstelle anzuschließen, wenn nur die verbesserten Geräte verwendet werden. Das größte Problem lag bisher darin, die Anschlußzwingen der Erdungskabel an geerdeten Metallteilen so weit hochstromfest zu bauen, daß sie bei Kurzschluß einer größeren thermischen und dynamischen Beanspruchung standhalten als das Erdungsseil,



Abb. 4. Korrosionsresistenter Anschlußbolzen in Hochspannungs-Freiluft- und Innenanlagen für Kabelschuh mit unverlierbarer Mutter einer Erdungs- und Kurzschlußgarnitur.

Auch für Anschluß der Erdungszwingen geeignet

so daß allenfalls dieses früher zum Ausfall kommt. Dieses Problem kann jetzt als gelöst betrachtet werden, denn besondere, korrosionsresistente Anschlußbolzen in Hochspannungsanlagen und kurzschlußfeste Stahlfederzwingen für Hochspannungsgittermaste lassen es zu, die

¹⁾ Es wird darauf hingewiesen, daß in Österreich derzeit noch die VDE-Vorschriften vom Stande 10. April 1945, jedoch nach Maßgabe der Änderungen und Ergänzungen der Runderlasse des Bundesministeriums für Handel und Wiederaufbau Nr. 1 bis 14, gelten.

verbesserte Ausführung der Erdungsgarnituren auch für die Aufnahme von Kurzschlußbelastungen bis ungefähr 12 kA heranzuziehen (Abb. 4 und 5).

Gestrichene Eisenkonstruktionen, insbesondere von Eisengittermasten, können nach Messungen der österreichischen Verbundgesellschaft allgemein auch an den



Abb. 5. Kopffederklemme nach Hochstrombelastungsversuch mit etwa 11 kA und 28 s Dauer. Anschlußseil Stalu 450 mm²

Stoßstellen als strombelastbare metallische Verbindung angesehen werden, wenn entsprechend große Eisenquerschnitte zur Verfügung stehen.

Auf Gittermasten wird bei Erdkurzschlußeinwirkung in der Regel die potentialsteuernde Wirkung der Ausleger genügen, um eine Gefährdung auszuschließen, falls sich niemand an den Stoßstellen der Eckstiele des Mastkörpers befindet.

Die Strombelastbarkeit von geeigneten Federklemmen an Stahl-Aluminiumleitern zeigte nach Versuchen ein über Erwarten günstiges Verhalten, wenn ein entsprechender Zug der Klemme nach unten durch Be-



Abb. 6. Zur Vermeidung der Wirkungen eines Fremdspannungseinflusses bei Leitungsbaugeräten erfolgt Potentialsteuerung durch Roste und Platten, die über Kabel miteinander und mit dem Arbeitsgerät (Seilwinde) verbunden sind

lastung durch das Gewicht der Erdungsstange und des Erdungsseiles vorlag. Die Kurzschlußfestigkeit von Schraubklemmen geeigneter Konstruktion steht außer Frage.

Ein Erden mit mobilen Erdspeissen wird in den seltensten Fällen befriedigende Ergebnisse bringen. Bei Mangel einer Anschlußmöglichkeit an einen guten Erder, besonders beim Seilwindenbetrieb während des Zu-

spannens eines zweiten Systems bei in Betrieb befindlichem Grundsystem einer Hochspannungsleitung, kann durch um das Arbeitsgerät verlegte und damit metallisch über Seile verbundene Potentialsteuerungsplatten eine potentialsteuernde Wirkung als Berührungsspannungsschutz erreicht werden (Abb. 6).

3,5) Abdecken und Eingrenzen

Der Gefahrenbereich ist bei Arbeiten in der Nähe spannungsführender Teile zu sperren oder abzudecken, damit ein ausreichender Schutz gegen zufälliges Berühren gewährleistet ist.

In Freiluftanlagen ist der Arbeitsplatz mittels erforderlichenfalls über Aufhängeböcke gelegter Seile mit

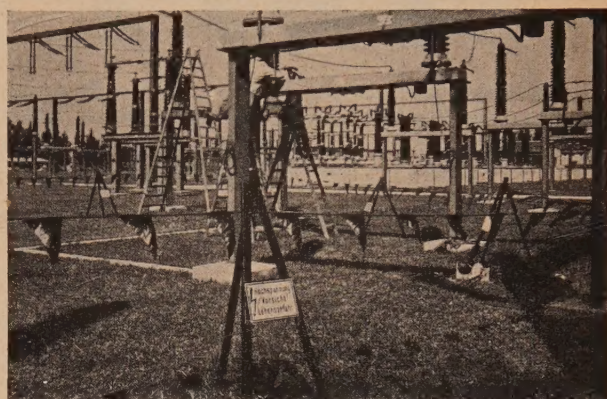


Abb. 7. Absperrung eines Arbeitsplatzes in einer 220-kV-Anlage durch orange Polyäthylenseile und Fähnchen über Warnböcke und Gerüststeher. Ein Durchlaß als Flucht- und Arbeitsweg ist vorzusehen

Fähnchen abzugrenzen, wobei innerhalb des vollkommen abgegrenzten Raumes ein praktisch gefahrloses Arbeiten möglich ist. Dazu muß aber die Eingrenzung in ausreichendem Abstand von den nächsten spannungsführenden Teilen angebracht werden und es ist auf das eventuell zu erwartende Bewegen von langen Gegenständen Rücksicht zu nehmen (Abb. 7).

Die Horizontalabgrenzung ist durch eine solche in vertikaler Richtung mittels optischer Kennzeichen zu

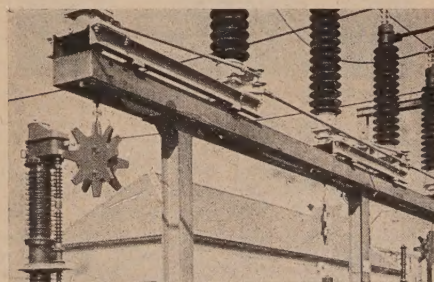


Abb. 8. Aufklappbare dreidimensionale Warnsterne zur Vertikalabgrenzung bzw. Bezeichnung spannungsführender Trennschalterpole im Bereich der Arbeitsstelle

ergänzen. Zum Beispiel kann unterhalb der nächsten spannungsführenden Kopfarmatur eines geöffneten Trennschalters eine auffallende Bezeichnung durch Anbringen von Warnsternen mit Haftmagneten erfolgen (Abb. 8).

Besonders gefährdete Stellen sind zusätzlich mit Tafeln oder Fähnchen zu kennzeichnen. An Hochspannungs-Freileitungen mit Eisengittermasten wird durch fix montierte Stromkreisbezeichnungsschilder eine klare Zuordnung der Systemnumerierung erreicht, wobei nach dem Abschaltprogramm an der Seite des spannungsfüh-

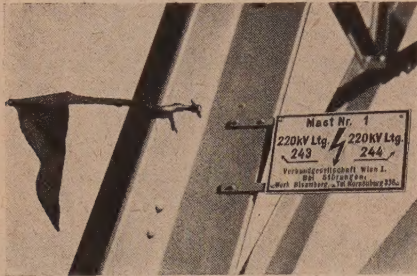
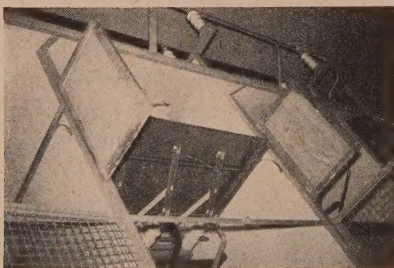


Abb. 9. Leitungsbezeichnungsschild auf jedem Mast von Leitungen der österreichischen Verbundgesellschaft. Warnfähnchen zum Bezeichnen der Seite des spannungsführenden Systems bei Doppelsystemleitungen

renden Systems ein orangefarbener Wimpel mit Schraubklemme durch den Verantwortlichen angebracht wird, um Systemverwechslungen zu vermeiden (Abb. 9).

In Innenraumanlagen kann auf die Abgrenzung der freigegebenen Schaltzelle mit Seilen und Böcken verzichtet werden, wenn sämtliche Schaltfelder, die unter Spannung bleiben, in ausreichendem Ausmaß mit Begrenzungsgeräten oder -blechtafeln versehen und die Türen der für die Arbeit freigegebenen Zellen offen gehalten und gegen Zufallen gesichert sind.

Nachbarzellen sind mit mobilen Trenntafeln über den geschlossenen Zellentüren abzudecken. Wenn die Trennmesser zu weit in den Bereich der Zellenvorderseite hineinreichen, dann muß auf das Anbringen dieser



phot. Mayr

Abb. 10. Zellenschottung mit einschiebbaren Kunststoffplatten. Abgrenzungsplatten gegen Berührung spannungsführender Trennmesser in Nachbarzellen

Tafeln verzichtet werden, es kann jedoch der fast gleichwertige Schutz durch in der Flucht der Zellentrennwände einsetzbare isolierende Platten erzielt werden (Abb. 10).

4) Freigabe zur Arbeit und Verhaltensregeln

Erst nach persönlicher Kontrolle der Durchführung der vorerwähnten Maßnahmen der Punkte 3,1) bis 3,5) an der Arbeitsstelle, darf vom Aufsichtsführenden die Aufnahme der Arbeit freigegeben werden.

Bei Arbeiten in der Nähe spannungsführender Teile muß das Aufsichtsorgan, ohne seinen Beobachtungsplatz zu verlassen, so lange die Handlungen aller am Arbeitsplatz Beschäftigten überwachen, als sich jemand im Gefährdungsbereich aufhält.

Der Transport von längeren Gegenständen und Geräten, wie Metallrohren aller Art, Stabstahl, Gerüstteilen, Leitern, aber auch von Baggern und Kranen durch Hochspannungsanlagen ist mit besonderer Vorsicht unter Berücksichtigung aller in der Nähe befindlichen spannungsführenden Teile auszuführen. In gleicher Richtung ist auch die Verwendung von Metallmaßbändern und der Einsatz von Seilwinden zu beurteilen. Längere Gegenstände sind nur in Bodennähe zu transportieren.

Während der Arbeit sollen auch keine metallenen Uhrarmbänder und keine Ringe getragen werden.

5) Wiederaufnahme des Betriebes nach Abschluß der Arbeiten

Dabei sind die durchgeführten Sicherheitsvorkehrungen in umgekehrter Reihenfolge wie bei Beginn der Arbeit wieder aufzuheben.

Das Aufsichtsorgan, und, wenn möglich, auch der verantwortliche Leiter des Arbeitsvorhabens, haben sich gewissenhaft von der Rücknahme sämtlicher Sicherheitsmaßnahmen und von der Betriebsbereitschaft der für die Zuschaltung vorgesehenen Anlagen zu überzeugen.

Besonders ist zu überprüfen, ob sämtliche Erdungs- und Kurzschlußvorrichtungen entfernt, kein Werkzeug oder sonstige Arbeitsbehelfe an der Arbeitsstelle vergessen und sämtliche Schutzvorkehrungen rückgängig gemacht wurden.

Das gesamte Personal muß nach Abschluß der Arbeiten vom Bereich aller Arbeitsplätze abgezogen sein. Erst dann kann die Freigabe des Arbeitsplatzes für die Zuschaltung gemeldet werden.

Nach Vorliegen aller Freigabemeldungen und notwendigen Überprüfungsergebnisse kann die Zuschaltung veranlaßt werden.

6) Zusammenfassung

Es wird eine kurzgefaßte Beschreibung der wichtigsten Voraussetzungen für die vor Beginn und bis zur Beendigung der Arbeit an Hochspannungsanlagen durchzuführenden Sicherheitsmaßnahmen gegeben. Dabei werden insbesondere die technischen und organisatorischen Grundlagen für die Durchführung der fünf wichtigsten Sicherheitsregeln, nämlich

1. Abschalten,
2. Spannungsfreiheit prüfen,
3. gegen Wiedereinschaltung sichern,
4. Erden und Kurzschließen,
5. Abdecken und Abgrenzen

erläutert. Kennzeichnend für den erfolgsverbürgenden Einsatz von technischen Sicherheitsmaßnahmen ist die sinngemäße Anwendung mehrerer in Wirkung gleichgerichteter Vorkehrungen. Die sich überschneidenden Funktionen, wie z. B. die gleichzeitige Anwendung der Primärblockierung an Trennschalterantrieben, die Abdeckung und Bezeichnung der Trennerbetätigungsorgane sowie das Erden und Kurzschließen an der Arbeitsstelle

in Berücksichtigung möglicher Trennstellen, geben einen mehrfachen Schutz gegen Fehlschaltungen bzw. die Auswirkung eines versehentlichen Unterspannungssatzens der Arbeitsstelle. Den technischen Schutzmaßnahmen kommt grundsätzlich der Vorzug vor den psychologischen zu, das heißt, wenn ein technischer Schutz möglich ist, muß er angewendet und darf *nicht* durch

Maßnahmen der psychologischen Unfallverhütung ersetzt werden.

Vor allem müssen alle Möglichkeiten der zweckmäßigen Anwendung technischer und organisatorischer Schutzmaßnahmen ausgeschöpft werden, um auch *seltenen* Unfallursachen mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand begegnen zu können.

Die Problematik des Elektroschutzes bei ortsveränderlichen Elektrogeräten

Von F. SCHAFFER, Wien

DK 621.316.91 : 621.312-181.3

1) Einleitung

Die Probleme des Elektroschutzes bei ortsveränderlichen Geräten betreffen vor allem den Schutz gegen zu hohe Berührungsspannungen. Besonders bei Elektrowerkzeugen stehen die Unfälle durch Körperschluß im Vordergrund. Allerdings läßt eine Sichtung der Unfälle auch erkennen, daß die Anwendung der üblichen Schutzmaßnahmen bei ortsveränderlichen Verbrauchern keineswegs immer befriedigende Erfolge bringt, ja manchmal sogar zur Ursache von Unfällen wird.

Ortsveränderliche Geräte sind also nach wie vor bevorzugte Gefahrenquellen, teils weil hier besondere Neigung besteht, die Schutzmaßnahmen zu vernachlässigen, teils weil deren Anwendung in der Praxis oft eine unzureichende Schutzwirkung ergibt. Das gibt Anlaß, die Ursachen dafür näher zu untersuchen und daraus Richtlinien für eine Verbesserung des Elektroschutzes abzuleiten.

2) Übersicht über die Schutzmaßnahmen

Bei der Betrachtung der Schutzmaßnahmen gemäß ÖVE-E 40/1959 (Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen mit Betriebsspannungen unter 1 000 Volt) läßt sich einerseits eine Unterteilung in die Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter:

- Schutzerdung,
- Nullung,
- Schutzleitungssystem,
- Fehlertenspannungs- (FU-) und Fehlerstrom- (FI-) Schutzschaltung

und in die „eigensicheren“ Schutzmaßnahmen, welche keinen Schutzschalter benötigen, das sind:

- Schutzisolierung,
- Kleinspannung,
- Schutztrennung

andererseits treffen.

Die Schutzwirkung der erstgenannten Schutzmaßnahmen hängt vor allem von der einwandfreien Beschaffenheit der Schutzleitung ab. Sie verhindern in der Regel nicht das Auftreten einer zu hohen Berührungsspannung, sondern bloß das Bestehenbleiben, das heißt, sie schalten das schadhafte Betriebsmittel vom Netz in „hinreichend kurzer Zeit“ ab. Die als „eigensicher“ bezeichneten Schutzmaßnahmen verhindern hingegen ohne Anwendung eines besonderen Schutzleiters — allein durch die Beschaffenheit des Stromkreises bzw. des zu schützenden Betriebsmittels — das Auftreten zu hoher Berührungsspannungen.

3) Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter

Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter ist offensichtlich von folgenden Bedingungen abhängig:

1. einwandfreie Beschaffenheit des Schutzleiters und seiner Anschlußstellen,
2. richtiger Anschluß des Schutzleiters,
3. Einhaltung der Bedingungen, welche die Wirksamkeit der betreffenden Schutzmaßnahme sicherstellen (also z. B. Einhaltung der Erdungs- oder Nullungsbedingungen),
4. rasches Abschalten der gefährdenden Spannung, bevor es zu schweren Schäden am menschlichen Organismus kommt.

Wie später noch gezeigt werden wird, ist die Einhaltung der Punkte 1 bis 3 noch keine unbedingte Gewähr dafür, daß auch Punkt 4 erfüllt ist.

Man könnte also annehmen, daß die „eigensicheren“ Schutzmaßnahmen in jedem Falle den Vorzug verdienen, und daß den Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter in jedem Falle ein geringeres Maß an Sicherheit und Zweckmäßigkeit zukommt. Dies ist nun, wie gezeigt werden wird, durchaus nicht der Fall. Um ein Maximum an Sicherheit bei einem gleichzeitigen Optimum an Wirtschaftlichkeit zu erzielen, ist eben in jedem Falle eine genaue Überlegung, ein Abwägen der Gegebenheiten erforderlich.

Die mit Schutzleiter arbeitenden Schutzmaßnahmen erfordern, wie erwähnt, zunächst eine einwandfreie Beschaffenheit des Schutzleiters und seiner Anschlußstellen. Diese Voraussetzungen sind nun leider ziemlich oft nicht gegeben. Der Schutzleiter selbst kann unbemerkt brechen und dabei sogar seinerseits an dem zu schützenden Betriebsmittel eine Fehlertenspannung dadurch bewirken, daß die abgebrochenen Litzenenden die Adernisolation durchdringen und mit einer gegen Erde spannungsführenden Ader Kontakt bekommen. Nicht selten ereignen sich auch Unfälle dadurch, daß Schutzleiter und stromführende Leiter miteinander an den Anschlußstellen vertauscht werden. Ein solches Gerät kann bei Anwendung der Schutzerdung oder der Nullung sogar noch längere Zeit scheinbar ordnungsgemäß im Betrieb stehen, bis schließlich einmal der Stecker doch so eingesteckt wird, daß der Außenleiter mit dem Gehäuse des Betriebsmittels Verbindung bekommt und sich ein Unfall ereignet. FU- und FI-Schutzschaltung ermöglichen zwar keinen Betrieb solcher falsch angeschlossener Geräte, bieten aber meist keinen Schutz gegen die Folgen solcher Fehler.

Bei Anwendung der Schutzmaßnahme Nullung bewirkt eine Nulleiterunterbrechung auch ohne eigentlichen Körperschluß eine gefährliche Berührungsspannung, wenn in der Zuleitung zur Wandsteckdose keine besondere Nullungsleitung verwendet wird.

Auch sonst führen die Anschlußstellen der Schutzleiter, insbesondere in den Steckvorrichtungen, nicht

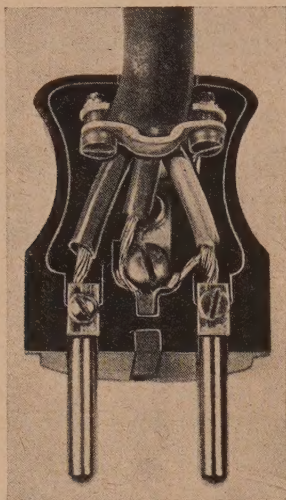


Abb. 1. Fehlerhaft angeschlossener Schutzkontaktstecker

selten zu Unfällen. Abb. 1. zeigte einen Schutzkontaktstecker der üblichen Bauart, in dem folgende Fehler festgestellt werden konnten:

1. Mangelhafte Zugentlastung (Schelle drückt nicht auf die Mantelisolierung, sondern auf die Adernisolierung).
2. Der Schutzleiter ist nicht länger als die stromführenden Leiter.
3. Die Leiterenden sind nicht ausreichend gegen Abspäßen geschützt.
4. Die Adernisolierung ist zu weit abgesetzt.
5. Die Öse des Schutzleiteranschlusses ist verkehrt eingelegt.
6. Die abstehenden Litzenden bewirken eine Verbindung zwischen stromführendem Leiter und Schutzleiter.

Leider kann die übliche Ausführungsform der zweipoligen Schutzkontaktsteckdosen überhaupt nicht als besonders glückliche Lösung bezeichnet werden. Bei der Kontrolle von elektrischen Anlagen in Industrie- und Gewerbebetrieben muß bei Wandsteckdosen dieser und ähnlicher Art oft festgestellt werden, daß die Kontaktfedern keine sichere Verbindung mit dem Schutzleiteranschluß am Schutzkontaktstecker gewährleisten. Hier können die besten Erzeugnisse als gerade gut genug bezeichnet werden, während minderwertige Erzeugnisse sehr erhebliche Gefahren mit sich bringen. Abb. 2 zeigt eine Schutzkontaktsteckdose im Schnitt, welche trotz ordnungsgemäß ausgeführter Schutzerdung Anlaß zu einem tödlichen Unfall gab. Wie man sieht, sind die Kontaktfedern hier so weit zurückgebogen, daß sie mit den Kontaktbahnen am Stecker keinen Kontakt mehr haben. Bemerkte sei, daß bei dieser Ausführung die „Kontaktfedern“ aus blankem verkupferten Bandeisen bestanden.

Abb. 3 zeigt die Röntgenaufnahme von zwei verschiedenen Schutzkontakt-Kupplungssteckdosen aus elastischem Werkstoff. Es ist deutlich erkennbar, daß die

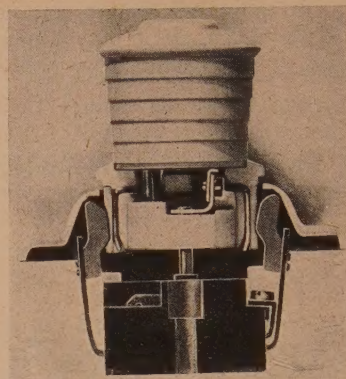


Abb. 2. Schnittbild einer Schutzkontaktsteckdose mit Schutzkontaktstecker

rechte Ausführung weitaus sorgfältiger ausgebildete Schutzkontaktanschlüsse besitzt als die linke Ausführung; insbesondere ist die wirksame Länge der Blattfedern hier erheblich größer.

Der Umstand, daß der Schutzleiter, der gemäß ÖVE-E 40/1959, 19,8), rot gekennzeichnet ist, in anderen Ländern teilweise mit anderen Farben, z. B. grün bezeichnet wird, begünstigt Verwechslungen bei importierten Geräten. Ein Umwickeln mit farbigem Isolierband genügt hier kaum, denn beim Kürzen des Kabels ist der alte gefährliche Zustand ja wieder hergestellt. Hier müßte eben schon beim Kauf darauf bestanden

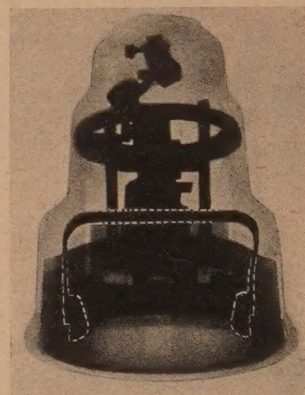
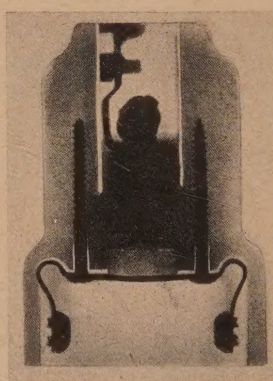


Abb. 3. Röntgenbild von Kupplungssteckdosen mit Schutzkontakt

werden, daß das Gerät den in Österreich geltenden Vorschriften für Elektrotechnik auch in dieser Hinsicht entspricht. Erfreulicherweise ist damit zu rechnen, daß in den nächsten Jahren in Europa eine einheitliche gelbgrüne-Kennzeichnung eingeführt werden wird.

Aus diesen Gründen sollte die Richtigkeit und einwandfreie Beschaffenheit der Verbindung zwischen dem Körper des zu schützenden Gerätes und der Anschlußstelle des Schutzleiters im Stecker häufig, womöglich vor jeder Ausgabe des Gerätes, ebenso überprüft werden wie der Isolationszustand zwischen den stromführenden Leitern und dem Gehäuse. Praktische Geräte, welche eine solche Prüfung — auch durch Laien — in

zur Schutzisolierung beim Auftreten von Kriechströmen, also bei der beginnenden Verschlechterung des Isolationszustandes, wirksam werden. Auch bei der FU-Schutzschaltung werden diese Kriechströme entweder über die Fehlerspannungs-Auslösespule zur Erde abgeleitet, ohne daß es zu einer gefährlichen Spannungserhöhung kommt, oder beim Überschreiten der Auslösespannung zum Abschalten führen.

Die Verwendung eines Schutzleiters kann selbst Gefahren mit sich bringen, weil dadurch in einem Raum von u. U. geringer Erdschlußgefahr großflächig umfaßbare Gehäuse auf Erdpotential gebracht werden. So ereignete sich ein Unfall an einer elektrischen Fußbodenschleifmaschine, als der eingebaute Schalter zwecks Reparatur entfernt wurde. Die Schalterleitungen wurden zusammengewürgt, um einen provisorischen Betrieb zu ermöglichen und mit Zeitungspapier „isoliert“. Die Wirkung dieser Isolation war jedoch nur von kurzer Dauer, und beim Berühren des über den Schutzleiter geerdeten Metallgehäuses einerseits und des hervorstehenden blanken Würgebundes andererseits, kam es zu einer tödlichen Elektrisierung.

4) Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter

Die ohne Schutzleitung arbeitenden, als „eigensicher“ bezeichneten Schutzmaßnahmen haben den großen Vorteil für sich, daß sie alle Störungen, welche durch Bruch des Schutzleiters oder durch Verwechslung der Leiteranschlüsse entstehen können, unmöglich machen. Ihre Wirksamkeit hängt auch nicht davon ab, ob eine geeignete Schutzkontakt-Wandsteckdose zur Verfügung steht.


Bei der Schutzmaßnahme Schutzisolierung gemäß ÖVE-E 40/1959, § 10, unterscheidet man zwischen der Schutzisolierung am Betriebsmittel und am Standort. Für ortsveränderliche Geräte scheidet aber die Schutzisolierung des Standortes aus, obwohl hin und wieder noch immer ernsthaft empfohlen wird, sich auf ein trockenes Brett zu stellen. Die Schutzisolierung am Be-

isolierung oder doppelte Isolierung bezeichnet. Abb. 5 läßt den Unterschied erkennen.

Die Schutzwirkung ist hier wesentlich von der einwandfreien Beschaffenheit der Isolierteile abhängig, denn ein einfacher Eisenschluß der Ständerwicklung des Motors etwa wird hier natürlich unbemerkt bleiben. Etwa zur Außenfläche des Gerätes gelangende Kriechströme werden im vollen Ausmaß wirksam sein. Insbesondere aber wird bei der Schutzzwischenisolation ein Versagen der isolierenden Zwischenschichte durch mechanische Beschädigung, Überbrückung durch leitende Flüssigkeiten oder Chemikalien, leitenden Staub u. dgl. eine Berührungsspannung im vollen Ausmaß bewirken, weil ja hier kein Schutzleiter die Ableitung zur Erde besorgt. Aus diesem Grunde sind Erzeuger von schutzzwischenisolierten Elektrowerkzeugen auch schon wieder dazu übergegangen, diese Geräte mit Schutzleiter auszustatten. Natürlich können solche Geräte nicht mehr als schützigisoliert im Sinne von ÖVE-E 40/1959, § 10, bezeichnet werden, denn dann dürften sie ja keine Anschlußstelle für einen Schutzleiter besitzen. Diese Geräte sind dann eben nur als solche mit Schutzleiteranschluß zu betrachten, welche eine besonders verstärkte Isolation besitzen. Damit geht man aber andererseits der Vorteile der Schutzisolierung im Hinblick auf die vom Schutzleiter kommenden Gefährdungsmöglichkeiten wieder verlustig. Es besteht lediglich eine erhöhte Sicherheit gegen Körperschlüsse.

Schutzisolierte Geräte bringen beim Berühren anderer spannungsführender Teile, also etwa beim Anbohren von spannungsführenden Drähten, nur insofern Schutz, als dabei lediglich isolierende Teile angefaßt werden. Eine schutzzwischenisolierte Bohrmaschine etwa würde beim Anbohren spannungsführender Drähte keinerlei Schutz gewähren.

Bei schützigisolierten Geräten besteht eine gewisse Schwierigkeit auch darin, daß sie äußerlich bis auf das (meist verhältnismäßig kleine und unscheinbare) Zeichen

der Schutzisolierung  kaum von anderen Geräten unterschieden werden können. Das führt nicht selten zu Unsicherheiten bei der Verwendung dieser Geräte. Es kommt oft zu Reklamationen, weil vermeintlich unerlaubterweise der Schutzleiter weggelassen worden ist. Außerdem gibt es Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt, ob solche Elektrowerkzeuge an Wandsteckdosen ohne Schutzkontakt angeschlossen werden dürfen. Bekanntlich paßt ja der Schutzkontaktstecker in die genormte 10-A-Wandsteckdose. Bei Montagen, insbesondere bei Außenmontagen, sind Schutzkontaktsteckdosen längst nicht überall dort vorhanden, wo man sie braucht. Während nun schützigisolierte Elektrowerkzeuge unbedenklich auch an Steckdosen ohne Schutzkontakt angeschlossen werden können, ist dies bei Elektrowerkzeugen mit Schutzleiter natürlich nicht der Fall. Die Unterscheidung durch das Zeichen der Schutzisolierung ist aber viel zu subtil, als daß sie in der Praxis beachtet würde. Es empfiehlt sich daher dringendst, die in ÖNORM E 2999 vorgesehene zusätzliche Kennzeichnung für schützigisolierte Geräte (weiß-grün-weißer Ring) deutlich sichtbar und dauerhaft anzubringen.

Von daher gesehen, müßte man eigentlich die Verwendung von Kleinspannung gemäß § 11 der ÖVE-E 40/1959 als die ideale Schutzmaßnahme bezeichnen. Tatsächlich wird diese Schutzmaßnahme für bestimmte

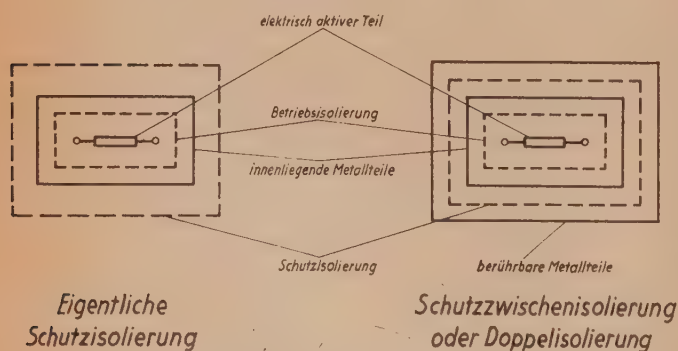


Abb. 5. Prinzip der Schutzisolierung am Betriebsmittel

etriebsmittel kann entweder so vorgenommen werden, daß alle der Berührung zugänglichen Teile, die im Fehlerfalle unmittelbar oder mittelbar Spannung annehmen können, fest und dauerhaft mit Isolierstoff bedeckt werden oder so, daß die der Berührung zugänglichen leitfähigen Teile des Betriebsmittels durch mechanisch feste Isolierstücke zuverlässig von allen Teilen getrennt werden, die im Fehlerfalle Spannung annehmen können. Die letztere Art wird auch als Schutzzwischen-

Verwendungszwecke allein zugelassen. Sie bringt den großen Vorteil, daß weder Schäden am Gerät noch Beschädigungen an den Zuleitungen und Steckvorrichtungen gefährlich werden können. Ihr Anwendungsbereich ist lediglich dadurch begrenzt, daß die Anwendung besonderer Geräte, eben solcher für Kleinspannung, erforderlich wird, und daß nicht alle elektrischen Geräte in Ausführungen für Kleinspannung erhältlich sind. Eine natürliche Grenze findet die Anwendung von Kleinspannung auch in den verhältnismäßig geringen übertragbaren Leistungen bzw. den erforderlichen großen Kupferquerschnitten. Eine Forderung, die oft übersehen wird [ÖVE-E 40/1959, 11,3)], ist die, daß transportable Elektrogeräte für Kleinspannung mit eigenen Steckvorrichtungen ausgestattet werden müssen, welche nicht in Dosen mit höherer Betriebsspannung passen dürfen. Kleinspannungsstromkreise dürfen, die Maschinen selbst sollen nicht geerdet werden. Daraus ergibt sich, daß beim Anbohren spannungsführender Leiter höherer Spannung keinerlei Schutzwirkung vorhanden ist. Ebenso muß die Gefahr, daß in die Kleinspannungsstromkreise Netzspannung eindringt, durch sorgfältige und getrennte Verlegung der Kleinspannungsstromkreise und durch sorgfältige Ausführung der Schutztransformatoren nach ÖVE-M 21/1959 vermieden werden. Aus diesen Gründen und zur Vermeidung zu großen Spannungsabfalles empfiehlt es sich, die Kleinspannungsstromkreise räumlich nicht allzu ausgedehnt zu halten, sondern lieber mehrere Kleinspannungs-transformatoren zu verwenden.

Die Schutztrennung wird verhältnismäßig selten verwendet. Vor allem wohl deshalb, weil sie für jedes Verbrauchsgerät einen eigenen Trenntransformator erfordert. Die Leistung ist durch die Begrenzung des Nennstromes mit 15 A begrenzt.

Der Nachteil der Schutztrennung liegt darin, daß sie für jeden Verbraucher einen eigenen Transformator benötigt und daß die Schutzwirkung nur so lange gegeben ist, als die sekundärseitigen Leitungen gut gegen Erde isoliert sind. Man muß sie deshalb verhältnismäßig kurz und leicht überblickbar halten. Eine längere Zuleitung würde zu viele Möglichkeiten geben, daß durch Kabelschäden und durch Schäden an Kupplungssteckvorrichtungen ein Erdschluß eines Leiters entsteht, und dann wäre natürlich die Schutzwirkung dahin.

5) Schutzmaßnahmen bei Verwendung von Schnellfrequenz-Elektrowerkzeugen

Die zunehmende Verbreitung der Schnellfrequenz-Werkzeuge läßt es geraten erscheinen, die Schutzmaßnahmen bei deren Verwendung gesondert zu behandeln. Man versteht darunter bekanntlich Elektrowerkzeuge für den Anschluß an Drehstrom mit einer Frequenz von 150 ... 400 Hz.

Elektrowerkzeuge für Schnellfrequenzanschluß sind schutztechnisch prinzipiell ebenso zu behandeln wie solche für den Anschluß an das normale Netz. Der Umstand, daß sie infolge Verwendung eines Drehstrom-Kurzschlußläufermotors wesentlich weniger störungsanfällig sind als Werkzeuge mit Einphasen-Kollektormotoren, darf nicht dazu verleiten, die Schutzmaßnahmen zu vernachlässigen. Auch die wesentlich höhere

Frequenz vermindert die Gefahr nicht. Bei den in Frage kommenden Frequenzen ist nämlich die Gefährdung nur unwesentlich geringer als bei 50 Hz. Der Umstand, daß Schnellfrequenz-Werkzeuge ein eigenes Netz benötigen, darf auch nicht als Schutzmaßnahme gedeutet werden, wie dies nicht selten geschieht. Die Bedingungen nach ÖVE-E 40/1959, 12,23) und 12,24), sind nämlich nur selten gegeben, allenfalls etwa bei Verwendung eines zusätzlichen Trenntransformators.

Grundsätzlich können bei Schnellfrequenz-Werkzeugen dieselben Schutzmaßnahmen Verwen-

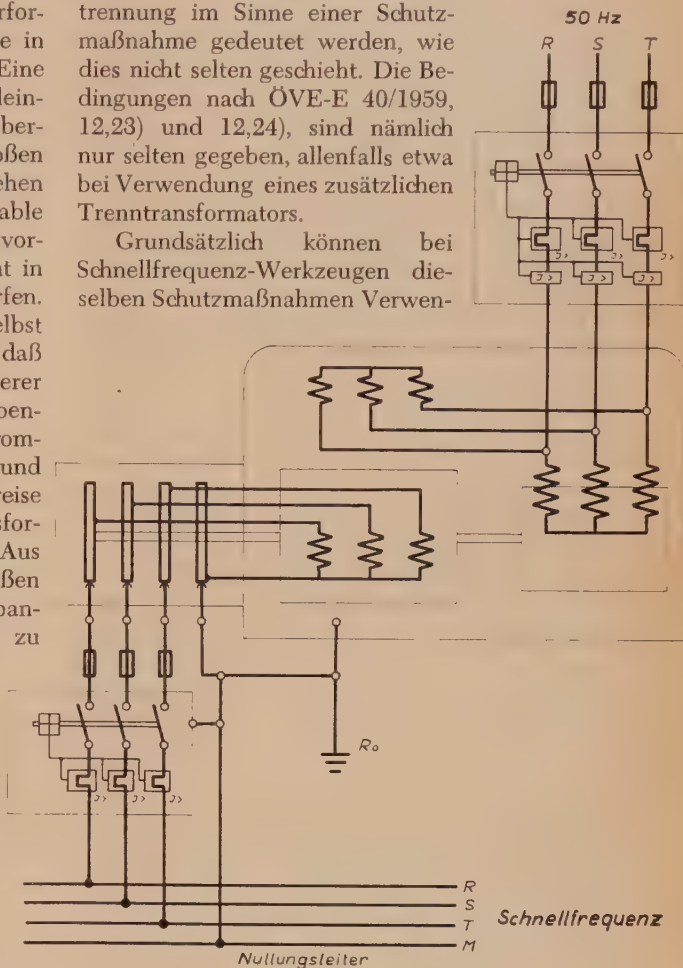


Abb. 6. Durchführung der Schutzmaßnahmen bei einem Schnellfrequenz-Umformer

dung finden wie bei anderen Elektrogeräten. In der Praxis werden aber kaum andere Maßnahmen in Frage kommen als Kleinspannung und Nullung.

Bei verketteten Spannungen bis 110 V etwa kann man auf Schutzmaßnahmen überhaupt verzichten, wenn durch die Betriebserdung des Sternpunktes sichergestellt ist, daß keine höhere Außenleiterspannung als 65 V gegen Erde auftreten kann²⁾. Praktisch wird man aber auch hier meist den Nullungsleiter an die ja sowieso erforderliche Betriebserdung des Sternpunktes anschließen.

Für Kleinspannung (bis 42 V zwischen Außenleitern) gelten hier ebenfalls die Bestimmungen von ÖVE-E 40/1959, § 11. Man wird Kleinspannung überall dort anwenden, wo die Verwendung höherer Spannungen durch besondere gesetzliche Bestimmungen verboten ist, oder wo sonst ein besonderes Maß an Sicherheit gefordert wird. Dabei darf kein Punkt des Kleinspannungsnetzes mit Erde oder mit dem Gehäuse des Fre-

²⁾ Falls im Einzelfall keine strengeren Vorschriften bestehen, wie z. B. bei der Arbeit in Kesseln, Behältern u. dgl.

quenzumformers verbunden werden. Der Frequenzumformer selbst ist natürlich auch hier gegen die Annahme zu hoher Berührungsspannungen gemäß den allgemeinen Regeln zu schützen.

Bei höherer Spannung als 65 V gegen Erde kommt praktisch als Schutzmaßnahme nur die Nullung in Frage. Fehlerstrom- und Fehlerspannungs-Schutzschalter sind für 50 Hz gebaut und würden sich bei höherer Frequenz völlig anders verhalten; ja u. U. sogar versagen. Dasselbe gilt übrigens auch für die normalen 50-Hz-Selbstschalter mit elektromagnetischer Auslösung.

Bei der Anwendung der Schutzmaßnahme Nullung wird nun oft übersehen, daß hier, im Gegensatz zu sonst, nicht nur die den Verbraucher betreffenden Nullungsbedingungen einzuhalten sind, sondern auch die sonst dem Elektrizitätsversorgungsunternehmen obliegenden. Das heißt, der Betreiber des Schnellfrequenzgenerators hat hier selbst für die vorschriftsmäßige Betriebserdung des Sternpunktes zu sorgen. Er muß den Sternpunkt des Schnellfrequenznetzes also gemäß den Nullungsbedingungen so erden, daß der resultierende Erdungswiderstand nicht mehr als $2\ \Omega$ beträgt. Dabei muß aber davor gewarnt werden, diese Betriebserdung etwa durch Anschluß des Sternpunktes an den geerdeten Mittelleiter (Nulleiter) eines genullten 50-Hz-Netzes vornehmen zu wollen. Es würden sich dabei nämlich höchst unübersichtliche Verhältnisse ergeben, außerdem wäre die Schleifenimpedanz für die Schnellfrequenz weitaus höher als bei 50 Hz. Man muß sich also wohl dazu bequemen, eine eigene Erdung für den Sternpunkt der Schnellfrequenzwicklung des Umformers zu schaffen.

Daneben darf nicht darauf vergessen werden, daß auch das Gehäuse des Frequenzumformers in geeigneter Weise gegen die Annahme zu hoher Berührungsspannungen geschützt werden muß. Die auf der Primär- und auf der Sekundärseite verwendeten Schutzmaßnahmen müssen dabei zusammenpassen. Dies ist insbesondere dort von Bedeutung, wo der Sternpunkt des sekundärseitigen Netzes fabrikationsmäßig mit dem Maschinengehäuse verbunden ist. Man kann also nicht

etwa auf der 50-Hz-Seite einen FU-Schutzschalter einbauen, wenn durch die sekundärseitige Betriebserdung die Fehlerspannungsauslösespule überbrückt wird. Man kann auch nicht in einem genullten 50-Hz-Drehstromnetz den Frequenzumformer etwa durch Schutzisolierung des Standortes allein schützen, denn dann wäre ja hier im genullten Netz ein Betriebsmittel vorhanden, das nur geerdet ist. Die Schutzmaßnahme auf der Schnellfrequenzseite muß also auch in ihrer Auswirkung auf die Schutzmaßnahme auf der 50-Hz-Seite überlegt werden. Abb. 6 zeigt die Situation bei Nullung auf der Schnellfrequenzseite und Schutzterdung auf der Normalfrequenzseite. Die Erdung muß hier einerseits als Betriebserdung den Bestimmungen von ÖVE-E 40/1959, 14,22), und andererseits als Schutzterdung den Bestimmungen von § 13 der genannten Vorschrift entsprechen.

6) Wahl der zweckmäßigsten Schutzmaßnahme

Wenn wir nun versuchen, die Gesichtspunkte für die Wahl der jeweils zweckmäßigsten Schutzmaßnahme zusammenzufassen, dann gelangen wir etwa zu folgendem Schema:

1. Beschaffenheit des Netzes (Spannung gegen Erde, zulässige Schutzmaßnahmen),
2. Art und Beschaffenheit der anzuschließenden Geräte,
3. Art der durchzuführenden Arbeit und Betriebsmilieu (mechanische, klimatische und chemische Beanspruchungen, am Verwendungsort vorhandene Schutzmaßnahmen, Ausmaß der Erdschlußgefahr),
4. besondere gesetzliche Bestimmungen (z. B. vorgeschriebene Anwendung von Kleinspannung),
5. sonstige Gefährdungsmöglichkeiten (Fremdspannungen, Hereinbringen von Erdpotential durch den Schutzleiter in wenig erdschlußgefährdete Räume usw.).

Erst durch sorgfältiges Abwägen der verschiedenen Einflüsse und Gesichtspunkte gelangt man zu der Schutzmaßnahme, welche der gegebenen Situation optimal angepaßt ist.

Hochempfindliche Fehlerstromschutzschalter in der Praxis

Von G. AMON und L. HAVRAN, Wien

DK 621.316.91 : 621.316.573

1) Allgemeines

Durch die Anwendung des Prinzips der Impulsauslösung ist es gelungen, bei tragbarem, wirtschaftlichem Aufwand die Auslöseempfindlichkeit von Fehlerstromschutzschaltern praktisch beliebig hoch zu treiben. Dabei vereinigt dieses Prinzip, über das schon des öfteren berichtet wurde [1], die Vorteile der direkten Schaltung von FI-Auslösern, die in der Netzspannungsunabhängigkeit und der Einfachheit bestehen, mit der höheren Empfindlichkeit der indirekten Schaltung, wobei gleichzeitig eine Form der Auslösekennlinie erreicht wird, die gut an das elektrophysiologische Grundgesetz angepaßt ist [2]. Dieses Naturgesetz lautet ja bekanntlich

$$i' = i_0' \left(1 + \frac{t_0'}{t} \right),$$

wobei i' die Reizstromstärke in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer t darstellt, die zur Erreichung einer bestimmten physiologischen Wirkung (Krampfschwelle, Flimmerschwelle) notwendig ist. t_0' ist die Chronaxie und i_0' der Schwellenwert bei unendlich langer Einwirkungsdauer. Die Auslösekennlinie der Fehlerstromschutzschalter mit Impulsauslösung gehorcht einem ähnlichen Gesetz, und zwar

$$i = i_0 \left(1 + \frac{t_0}{t} \right).$$

Dabei ist i die Fehlerstromstärke in Abhängigkeit von der Auslösezeit t . t_0 ist eine Schalterkonstante und i_0 der Auslösefehlergrenzstrom des Schalters. Aus der Ähnlichkeit der beiden Gleichungen läßt sich sofort die Eignung des Prinzips für die Konstruktion eines Fehler-

schutzschalters erkennen. Abb. 1 zeigt die Auslösekennlinie eines Fehlerstromschutzschalters mit Impulsauslösung im Vergleich zu einem Schalter mit reiner elektromagnetischer Auslösung, wobei noch einmal kurz an die grundlegenden Definitionen der neuen österreichischen Vorschriften für Fehlerschutzschalter ÖVE-S 50/1959 erinnert werden soll: Auslösefehlergrenzstrom I_g ist die Stromstärke, bei der die Auslösezeit des Schutzschalters gegen unendlich geht, der Auslösefehler-

spannungsführend sind, wie z. B. blanke Leitungen, und Unfällen durch Masseschlüsse. Bisher konnten aber nur Berührungsspannungen, die durch Masseschlüsse entstehen, durch Schutzmaßnahmen bekämpft werden, und zwar dadurch, daß die fehlerhaften Anlageteile weggeschaltet werden, bevor es zu einer ernsthaften Gefahr kommen kann. Dabei wird immer vorausgesetzt, daß die Schutzmaßnahme entsprechend den Vorschriften ausgeführt ist, insbesondere also die Schutzleitungen keine Unterbrechungsstellen aufweisen. Leider beweist ein sorgfältiges Studium der Unfallstatistik gerade das Gegenteil. Nirgendwo wird bei der Installation so leichtfertig vorgegangen, wie bei den Schutzmaßnahmen, denn ein Betrieb der Anlage ist ja auch möglich, wenn die Schutzmaßnahmen nicht vorschriftsmäßig ausgeführt sind. Zur Bestätigung sollen einige Zahlen aus der internationalen Unfallstatistik dienen. So gibt die nachfolgende Tabelle I die tödlichen Elektrounfälle durch Spannungen bis 250 V gegen Erde, über 5 Jahre gemittelt, an.

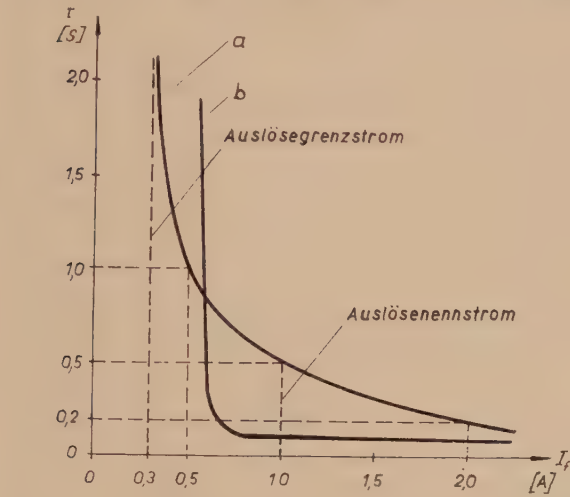


Abb. 1. Auslösekennlinien von Fehlerstromschutzschaltern
a Impulsauslösung
b rein elektromagnetische Auslösung

nennstrom I_f ist dagegen die Stromstärke, bei der die Auslösung des Schutzschalters in 0,5 s erfolgt. Dabei ist beim doppelten Wert des Auslösefehlermennstromes ein maximaler Ausschaltverzögerung von 0,2 s vorgeschrieben. Die Dimensionierung des Erdungswiderstandes ist nach ÖVE-E 40/1959, § 17, mit

$$R_e = \frac{U_{f, \max}}{2 \times I_f} \frac{[V]}{[A]}$$

gegeben, wobei für die maximal zulässige Fehlerspannung $U_{f, \max}$ 65 V einzusetzen ist. Damit ist sichergestellt, daß bei Überschreiten dieses Grenzwertes von 65 V eine Abschaltung in 0,2 s erfolgt. Die Dimensionierungsformel schließt sich also sinnvoll an die Bemessungsformel für die Schutzterdung an, bei der ebenfalls bei Verwendung von Leitungsschutzschaltern, z. B. HLS-Schaltern, die Abschaltung, natürlich bei vorschriftsmäßig viel geringeren Werten des Erdausbreitungswiderstandes, in 0,2 s, bei Überschreitung einer Fehlerspannung von 65 V, gewährleistet ist.

Auf dem Markt befinden sich bereits FI-Schalter mit Auslösefehlergrenzströmen von 25, 35, 80 und 120 mA, denen Nennwerte des Auslösefehlerstromes von 200, 400, 500 und 600 mA entsprechen. Die nachfolgenden Abschnitte sollen nun die Bedeutung dieser Entwicklungen von der Seite der Praxis her im allgemeinen und im besonderen aufzeigen.

2) Schutzleiterverwechslungen und Schutzleiterunterbrechungen

Bei elektrischen Unfällen kann man grundsätzlich zwischen Unfällen unterscheiden, die durch Berühren von leitfähigen Teilen entstehen, die normalerweise

Tabelle I. Mittelwerte tödlicher Elektrounfälle in vier europäischen Ländern

Berichtsland	Mittlere jährliche Unfallzahlen durch Spannungen bis 250 V (1953 ... 1957)	Einwohnerzahl Mill.
Norwegen	3,2	4
Schweden	14,5	10
Schweiz	15,5	5
Österreich	57	7

Geht man den Unfallursachen nach, so findet man, daß mehr als die Hälfte der Unfälle durch grobe Fahrlässigkeit und Berühren blanker spannungsführender Teile entsteht.

Bei der zweiten Hälfte der Unfälle liegen die Ursachen einerseits im Fehlen der Schutzmaßnahmen, andererseits darin, daß die Schutzmaßnahme zwar vorgesehen war, aber im entscheidenden Moment versagte oder gar erst durch die Schutzmaßnahmen der Unfall verursacht wurde. Der letztgenannte Fall tritt bei Schutzleiterverwechslungen und Spannungsverschleppungen über den Schutzleiter auf.

Schutzleiterunterbrechungen werden meistens durch schlechte Klemmstellen, durch mangelhaften Knickschutz oder Fehlen der Zugentlastung bei den Geräten verursacht. Oft auch dadurch, daß Verlängerungskabel ohne Schutzleiter verwendet werden. Tritt dann ein Isolationsfehler auf, dann kann die Schutzmaßnahme naturgemäß nicht ansprechen, es sei denn, daß das schlechte Gerät zufällig einen guten Erder berührt. Hier ergibt sich also bereits eine Möglichkeit, durch einen hochempfindlichen Fehlerstromschutzschalter auch bei Schutzleiterunterbrechungen eine Abschaltung zu erreichen, wenn das schlechte Gerät eine mehr oder weniger gute zufällige Erdung besitzt.

Dies soll an zwei Beispielen gezeigt werden. Landwirtschaftliche Maschinen und Elektromotoren stehen oft auf dem leitfähigen Erdreich des Hofes oder der Scheune, wobei man je nach den Bodenverhältnissen mit folgenden spezifischen Bodenwiderständen zu rechnen hat:

Tabelle II. Spezifische Widerstände verschiedener Bodenarten

Bodenart	Spezifischer Widerstand Ωm	
	feucht	trocken
Mergel	10 ... 30	50 ... 300
Moorboden	30	—
Lehm und Humus	100	—
Kalkstein porös	30 ... 100	—
Sandstein	30 ... 100	—
Sand	300	1 000
Quarzite	100 ... 1 000	—
krist. Kalkstein	—	3 000
Kies mit wenig Sand	500	über 1 000
Granit	300 ... 3 000	—
Beton	150 ... 600	—
Terrazzo	2 500	—
Schlacke	200	—
Kleinpflaster	1 100	9 000
Stirnholz	250 ... 1 000	—

Ersetzt man etwa die Standflächen des Motors nach Abb. 2 durch Kreisflächen mit einem Radius a von 0,06 m, so ergibt sich der Erdausbreitungswiderstand des Motors mit

$$R_e = \frac{1}{4} \frac{\varrho}{a} \sim \varrho \quad [\Omega],$$

wobei ϱ der spezifische Widerstand des Bodens ist, auf dem der Motor steht.

Bei einem Körperschluß mit unterbrochener Schutzleitung fließt über diese natürliche Erdung ein Fehlerstrom, dessen Größe aus Abb. 3 für eine treibende Spannung von 220 V gegen Erde in Abhängigkeit vom Bodenwiderstand ersichtlich ist. Auch bei den höchsten in der Praxis vorkommenden spezifischen Bodenwiderständen wird also ein höherempfindlicher FI-Schutzschalter ausgelöst werden und den Isolationsfehler, auch wenn die Schutzleitung unterbrochen ist, anzeigen. Aber auch noch in viel kritischeren Fällen kann eine derartige Isolationsüberwachung böse Unfälle verhindern. Angenommen ein metallgekapselter Kragenstecker liege

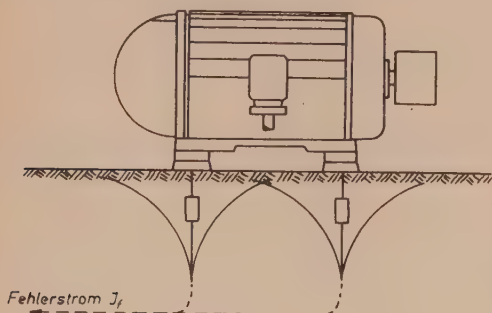


Abb. 2. Spannungstrichter bei einem Elektromotor und leitfähiger Standfläche

auf leitfähigem Erdreich, die Schutzleitung sei unterbrochen und ein Isolationsfehler tritt auf. Es handelt sich dabei um einen Linienerder und als wirksame Länge l werde nur 0,1 m angenommen. Der Erdausbreitungswiderstand ergibt sich nun mit

$$R_e = \frac{2\varrho}{l} = 20\varrho \quad [\Omega].$$

Für diesen Fall sind die auftretenden Fehlerstromstärken für 220 V treibende Spannung in Abb. 3 eingetragen. Auch dabei wird also noch in einem weiten Bereich der praktisch auftretenden Bodenwiderstände eine

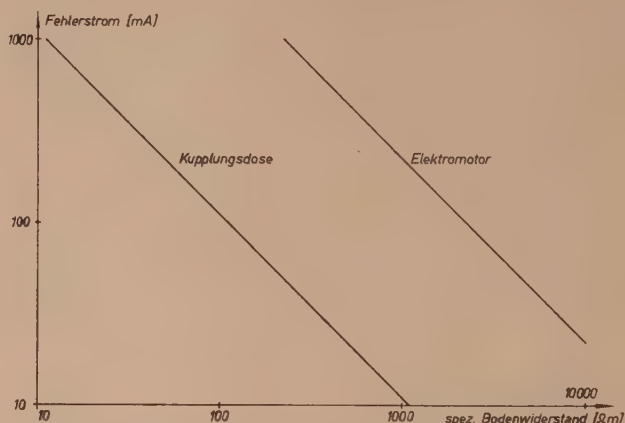


Abb. 3. Fehlerströme durch zufällige Erdungen bei Elektromotor und Kupplungsdose in Abhängigkeit vom spezifischen Bodenwiderstand

Abschaltung der Fehlerstelle erfolgen. Letzten Endes darf man nicht vergessen, daß bei hohen spezifischen Bodenwiderständen über etwa 1 000 Ωm auch die Berührungsspannung infolge des höheren Ausbreitungs-

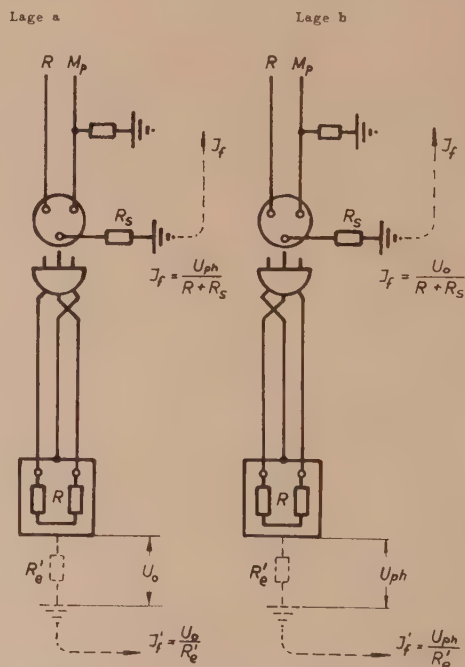


Abb. 4. Spannungs- und Stromverhältnisse bei Schutzleiterverwechslungen

- a Nach Anstecken wird das Gerät über die Erdung betrieben. Betriebsstrom fließt über die Schutzleitung, Mittelleiterspannung liegt am Gehäuse
- b bei um 180° verdrehtem Stecker liegt die volle Netzspannung gegen Erde am Gehäuse. Gerät funktioniert nicht, da nur die Mittelleiterspannung gegen Erde wirksam wird.

widerstandes der Füße herabgesetzt und das Gefahrenmoment damit vermindert wird [3].

Noch wesentlicher als bei der Schutzleiterunterbrechung zeigen sich aber die Vorteile einer hohen Aus-

löseempfindlichkeit beim Erkennen von Schutzleiterverwechslungen. Diese Verwechslungen entstehen meistens beim Auswechseln gebrochener Stecker mit Schutzkontakt. Besonders gefährlich ist dabei der Umstand, daß derartige Verwechslungen nicht erkannt werden, wenn nur versucht wird, das Gerät in Betrieb zu setzen, ohne daß vorher mit einem Leitungsprüfer untersucht wird, ob wirklich die Schutzkontakte über die Schutzleitung mit dem Gehäuse verbunden sind. In ungefähr der Hälfte der Fälle wird nämlich dabei nach Abb. 4a der Stecker so angesteckt werden, daß das Gerät über die Erde betrieben wird und ordnungsgemäß arbeitet. Am Gehäuse liegt dabei die Mittelleiterspannung gegen Erde, also nur wenige Volt, und dies wird ebenfalls in der Regel nicht bemerkt. Wird dann später einmal zufällig der Stecker verdreht (Abb. 4b), dann liegt die volle Außenleiterspannung am Gehäuse und es kommt zum Unfall. Aus Abb. 4a ist zu ersehen, daß beim Betreiben des Gerätes über die Erdung das Gerät fast seinen ganzen Betriebsstrom aufnimmt und dadurch auch bei geringen Geräteleistungen bis herunter zu 40 oder 25 W bei genügender Auslöseempfindlichkeit des Fehlerstromschutzschalters die Abschaltung erfolgt. Auch hier können zufällige Erdungen (R'_e) die Auslösung der Schutzschalter unterstützen.

3) Die Abschaltung durch den beim Unfall durch den menschlichen Körper fließenden Strom

Es wurde schon erwähnt, daß mehr als die Hälfte der tödlichen Elektrounfälle durch Berühren blanker, betriebsspannungsführender Teile oder grobe Fahrlässigkeit verursacht wird. Entsteht der Unfall durch gleichzeitige Erdberührung, dann besteht zumindest theoretisch die Möglichkeit, den durch den menschlichen Körper fließenden Strom direkt für die Auslösung des Fehlerschutzschalters heranzuziehen. Die von FREIBERGER gemessenen Körperwiderstände [4] lassen ja beim normalen Niederspannungsunfall Stromstärken erwarten, die von kleinsten Werten angefangen bis maximal etwa 300 mA für einen Stromweg linke Hand — rechte Hand oder Hand — beide Füße betragen können. Es ist also durchaus möglich, daß durch diese Ströme die Auslösung eines Schutzschalters erfolgt und damit ergeben sich für die Schutztechnik völlig neue Perspektiven. Allein der Gedanke, daß ein Verunglückter auch bei diesen kleinsten Stromstärken innerhalb kürzester Zeit aus dem Stromkreis geschaltet wird und damit eine für die erste Hilfe wichtige Maßnahme, nämlich die Befreiung aus dem Stromkreis, schon durchgeführt ist, wenn die Retter zum Verunglückten kommen, besticht ungemein. Erfreulicherweise hat die Erfahrung auch die skeptischen Bemerkungen widerlegt, daß eine derart hohe Auslöseempfindlichkeit den praktischen Betrieb der Anlage stören würde, weil durch die betriebsmäßigen Ableitströme die Schalter dauernd zur Auslösung gebracht werden. Es kann heute als erwiesen angesehen werden, daß es ohne weiteres möglich ist, bei Fehlerstromschutzschaltern mit Impulsauslösung den Auslösegrenzstrom auf 50 mA herabzusetzen, ohne daß Störungen durch Ableitströme in normalen Haushalts- und landwirtschaftlichen Installationen auftreten.

Dies war allerdings auch zu erwarten. In den Errichtungsvorschriften wird ja für die Leitungsisolationswert von 1 000 Ω /V vorgeschrieben und auch die vorschriftsmäßigen Ableitströme der Elek-

trogeräte bewegen sich in der Größenordnung von Bruchteilen von mA bis zu einigen mA. In normalen Installationen ist nicht damit zu rechnen, daß die betriebsmäßigen Ableitströme wesentlich höher liegen als etwa 10...20 mA. Damit aber ergibt sich prinzipiell die Möglichkeit, der Schutzmaßnahme die Aufgabe einer Isolationsüberwachung zuzuordnen und damit einen alten Wunsch der Sicherheitstechniker zu erfüllen.

4) Hochempfindliche Fehlerstromschutzschalter als Erdungsschutzschalter

Ein weiteres interessantes Anwendungsgebiet ergibt sich für FI-Schutzschalter mit zeitabhängiger Auslösekennlinie in allen jenen Fällen, in denen von vornherein mit hohen Erdungswiderständen gerechnet werden muß. Der Fehlerstromschutzschalter könnte dann gewissermaßen als Abschaltorgan für die Schutzmaßnahme Schutzerdung die Leitungsschutzorgane ablösen. Bezeichnet man die Auslösestromstärke, bei der die Abschaltung innerhalb von 5 s erfolgt mit I_5 , dann könnte man für die Dimensionierung des Schutzerdungswiderstandes die Gleichungen

$$R_s < \frac{U_{f, \max}}{I_5},$$

und als Nebenbedingung

$$\frac{U_n}{R_0 + R_1 + R_s} > I_{0,2}$$

anwenden. Dabei bedeuten

- $U_{f, \max}$ vorschriftsmäßig festgelegte Fehlerspannungsgrenze (z. B. für den Personenschutz 65 V),
- R_0 Widerstand der Betriebserde des Netztransformators,
- R_1 Leitungswiderstände,
- R_s Schutzerdungswiderstand in der Anlage,
- $I_{0,2}$ Auslösestromstärke, bei der die Abschaltung in 0,2 s erfolgt,
- U_n Nennspannung, z. B. 220 V.

Damit ist dann auch sichergestellt, daß bei sattem Körperschluß die Abschaltung in 0,2 s erfolgt.

Welche neuen Möglichkeiten dadurch auch für bisher unlösbare Aufgaben entstehen, sollen die nachfolgenden beiden speziellen Beispiele aus der Praxis zeigen.

In Seeboden am Millstättersee sollte eine Beleuchtungsanlage, bestehend aus 16 eisernen Masten mit Leuchtstofflampen, gegen Berührungsspannung geschützt werden. Schutzleitung war keine verlegt, ein Aufreißen der Straßendecke dafür und etwaige Verlegung von zusätzlichen Bänderdern aus wirtschaftlichen Gründen undenkbar. Die Erdungswiderstände der einzelnen Maste schwankten stark zwischen 35 und 230 Ω . In Trockenperioden mußte man also mit Widerständen der Maste bis 500 Ω rechnen.

Im einzelnen ist die Anlage in Abb. 5 zu erkennen. Vom Keller des Gemeindehauses führt eine Erdkabelleitung $2 \times 4 \text{ mm}^2$ zu den Straßenleuchten. Die Eisenmaste reichen etwa 1,5 m tief in die Erde.

Nun konnte durch den Einbau eines hochempfindlichen Fehlerstromschutzschalters mit einem Auslösegrenzstrom von 25 mA, Nennwert des Auslösefehlerstromes 200 mA, in die Anspeiseleitung ein einwand-

freier Berührungsspannungsschutz erreicht werden. Die Prüfung zeigte, daß bei Körperschlüssen auf den Masten die Erdfehlerströme den Schutzschalter in allen Fällen innerhalb von 0,2 s zur Auslösung brachten und



Abb. 5. Öffentliche Beleuchtungsanlage durch Schutzerdung mit hochempfindlichen Fehlerstromschutzschalter geschützt

damit also die ganze Anlage nur durch die natürlichen Erdungen der Maste in einwandfreier Weise geschützt war.

Noch kritischer als der Schutz von ortsfesten Anlagen ist aber der Schutz von ortsveränderlichen Betriebsmitteln. Hier bildete das Schutzproblem bei den Mannschaftswagen der Österreichischen Mineralölverwaltung seit eh und je ein Sorgenkind des zuständigen Sicherheitstechnikers.

Diese Mannschaftswagen (Abb. 6) besitzen an elektrischen Einrichtungen zunächst eine Beleuchtungsanlage für Kleinspannung von 24 V, die über einen eingebauten 3-kVA-Transformator versorgt wird, und eine Wasserpumpe für die Brausebäder und die Waschplätze. Für den Pumpenantrieb dient ein Elektromotor, der am Wagenchassis befestigt ist. Das Gefahrenmoment eines Masseschlusses war hier infolge der langen Leitungsführung und der Möglichkeit des Undichtwerdens der Pumpe besonders groß.

Zunächst schien es, daß für den Berührungsspannungsschutz des Mannschaftswagens wohl ein Fehlerstromschutzschalter das beste Schutzmittel sei, da der Wagen auf Gummirädern steht und damit von Erde isoliert ist. Eine nähere Betrachtung zeigte jedoch bald die Unhaltbarkeit dieser Annahme. Die Gummiräder

bilden zwar eine Isolation gegen Erde solange der Boden hart und trocken ist. Im Extremfall muß jedoch damit gerechnet werden, daß der Wagen bei nassem Boden einsinkt und über die Radfelgen geerdet wird. Außerdem bilden noch die Kaltwasseranspeisung, der Abwasserschlauch und die Gabel der Anhängerkuppelung, welche bei abgestelltem Wagen am Boden liegt, Parallelerden (Abb. 7). Eine lange Leitung zu einer geeigneten Hilfserde außerhalb des Spannungstrichters



Abb. 6. Mannschaftswagen der ÖMV, durch hochempfindlichen Fehlerstromschutzschalter gegen Auftreten von Berührungsspannungen geschützt

der natürlichen Wagenerdungen war aber abzulehnen, da diese Leitung immer nur provisorisch verlegt werden kann und dadurch die Gefahr von Unterbrechungen besteht.

Wünschenswert war also eine kurze starke Erdungsleitung zu einem Erdspieß, möglichst unter dem Wagen in Verbindung mit einem hochempfindlichen Fehlerstromschutzschalter, der sicherstellen mußte, daß auch bei Hilfserdungswiderständen von einigen hundert Ohm bei Masseschlüssen eine kurzzeitige Abschaltung erfolgt.

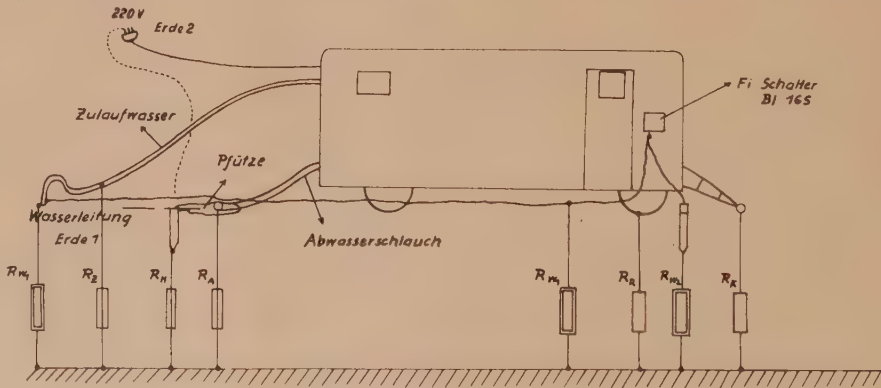


Abb. 7. Parallelerden des Mannschaftswagens

Zu diesem Zweck wurde ein FI-Schutzschalter mit Impulsauslösung eingesetzt und die Funktion durch eine Reihe von Messungen überprüft.

Es handelte sich um einen Schalter von 16 A Nennstrom mit einem Auslösefehlernennstrom von 200 mA und einem Auslösefehlergrenzstrom von 25 mA. Der Schalter hat folgende Auslösekenlinie:

Auslösefehlerstrom mA	25	50	100	200	300	500	1000	2000
Auslösezeit s	∞	3	0,8	0,3	0,2	0,15	0,12	0,08

Die Messungen wurden direkt an einem Einsatzort des Wagens durchgeführt. Die Netzspannung betrug 225 V, der Schleifenwiderstand der Netzschleife $R - M_p$ 2,4 Ω . Bei sattem Kurzschluß war also mit maximal etwa 95 A zu rechnen. Geerdet war der Wagen an einer zufällig vorhandenen Wasserleitung, deren Erdungswiderstand mit 0,8 Ω bestimmt wurde.

Bei sattem Körperschluß erfolgte die Auslösung des Schutzschalters praktisch unverzüglich. Danach wurde über eine Glühlampe als Vorwiderstand Spannung an die Wagenmasse gelegt und die Auslösezeit kontrolliert. Die Ergebnisse sind aus Tabelle III zu ersehen.

Tabelle III. Auslösung bei verschiedenen Fehlerstromstärken

Vorwiderstand	Fehlerstrom mA	Auslösezeit s
8-W-Lampe	36	60
25-W-Lampe	110	0,8
100-W-Lampe	500	kleiner als 0,2

Danach wurde die Erdleitung unterbrochen und die volle Phasenspannung von 220 V an die Wagenmasse gelegt. Obwohl die Versuche nach einer wochenlangen Trockenperiode durchgeführt wurden und der Wagen nur mehr über die vier Gummireifen den Abwasser-schlauch und die Anhängerkupplung geerdet war, floß

ein Fehlerstrom in der Höhe von 80 mA über diese Erdungen. Der Schutzschalter löste in etwa 1 s aus.

Der gleichzeitig gemessene spezifische Bodenwiderstand in der Umgebung des Wagens betrug im Humus (Rasendecke) 58...63 Ω m und auf dem daneben befindlichen Schuttgelände (geschotterter Zufahrtsweg) 65...70 Ω m. Ein an verschiedenen Stellen, sowohl im Rasen als auch auf dem Weg, eingeschlagener Erdspeer mit einer Länge von 400 mm und einem Durchmesser von 10 mm hatte fast überall annähernd einen Erdübergangswiderstand von rund 200 Ω . Bei sattem Körperschluß am Wagen brachte der Erdfehlerstrom von 1 A über diese Hilferder den Schutzschalter immer sofort zur Auslösung.

Schrifttum

[1] BIEGELMEIER, G., Moderner Fehlerstromschutz, E und M, 75. Jg (1958), H. 8, S. 157...164.

[2] BODIER, G.: La securite des personnes et la question des mises a la terre. Bull. Soc. franc. Electr., (1947), Nr. 74, und (1948), Nr. 81.

[3] BIEGELMEIER, G.: Über die Dimensionierung von Erdungen für die Fehlerstromschaltung, ÖZE, 12. Jg. (1958), H. 8, S. 415...421.

[4] FREIBERGER, H.: Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom. Berlin: Springer-Verlag. 1934.

Eine neue Demonstrationsanlage für Schutzmaßnahmen in Niederspannungsanlagen

Von G. BIEGELMEIER, Wien

DK 621.316.9.027.2 : 621.3.001.573

Übersicht

Die Vorschriften für die verschiedenen Schutzmaßnahmen in Niederspannungsanlagen haben einen Stand erreicht, der es wünschenswert erscheinen läßt, das Prinzip und die Wirksamkeit ihrer Anwendung sowie auch die Fehlermöglichkeiten einfach und anschaulich darzustellen. Zu diesem Zweck wird eine Demonstrationsanlage erläutert, mit der man die Schutzerdung, die Nullung, die Fehlerspannungsschutzschaltung und die Fehlerstromschutzschaltung nachbilden kann. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Wirkungen des Stromes auf den menschlichen Körper zu zeigen und grundsätzliche Versuche zur Unfalls- und Brandgefahr bei Elektrizitätseinwirkung auszuführen.

1) Einleitung

Mit fortschreitender Elektrifizierung steigen naturgemäß auch die Unfalls- und Brandgefahren in den elektrischen Anlagen. Einerseits wegen der größeren Anzahl der in Verwendung stehenden Elektrogeräte und der dadurch bedingten größeren Wahrscheinlichkeit von Unfällen und Bränden, andererseits aber auch dadurch, daß sich verschiedene Länder gezwungen sehen, von der Verteilungsspannung von 110 V auf 220 V gegen Erde umzuschalten. Aus diesen Gründen wird von den verantwortlichen Stellen den Möglichkeiten steigende Beachtung geschenkt, die bestehen, um elektrische Unfälle und Brände zu verhüten.

Diese Schutzmaßnahmen sind sehr mannigfaltiger Art und es ist interessant, daß auf diesem so wichtigen

Gebiet keine einheitliche Auffassung herrscht und oft einander völlig widersprechende Auffassungen vertreten werden. Diese Uneinheitlichkeit führt insbesondere beim Vorschriften- und Normungswesen auf internationaler Ebene immer wieder zu großen Schwierigkeiten. Aber selbst wenn man nur ein Land betrachtet, zum Beispiel unser kleines Österreich, dann ist es erstaunlich, welche Vielfalt von Schutzmaßnahmen nebeneinander zugelassen ist und welche komplizierten Fragen heute von einfachen Elektroinstallateuren gelöst werden sollen. Da sind zunächst die Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter, die Schutzisolierung, die Kleinspannung und die Schutztrennung. Hier sind es meist Fragen der Normung, die Installationsgeräte betreffen, die Schwierigkeiten verursachen, wie z. B. die Anschlußleitungen von schutzisolierten Geräten, der Konturenstecker, die Steckvorrichtungen für Kleinspannung usw. Die hauptsächlich verwendeten Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter, also die Schutzerdung, die Nullung, die Fehlerspannungs- und Fehlerstromschutzschaltung, schließlich noch das Schutzleitungssystem, vereinfachen die Sachlage durchaus nicht. Zunächst gibt es ja ernstzunehmende Fachleute in Europa, die auf Grund von Studien der Unfallstatistik die Zweckmäßigkeit der Schutzmaßnahmen überhaupt in Frage stellen [1]. Unfälle, die durch die Schutzleitung z. B. bei Spannungsverschleppungen entstanden sind, waren die Ursache dieser heftigen Reaktion gegen eine Entwicklungsrichtung, die in Deutschland und Österreich allgemein eingeschlagen wird. Da man aber wohl die Installationen in irgendeiner Art mit einem zusätzlichen Schutz versehen muß,

wird in neuester Zeit daran gedacht, hochempfindliche Fehlerstromschutzschalter anzuwenden, die auch bei direkter Berührung spannungsführender Teile und Erde durch einen Menschen, vor dem tödlichen Ausgang eines Unfalls schützen [2] oder man geht noch weiter und setzt derartige Schalter ein, ohne die zu schützenden Geräte zu erden, d. h. man verzichtet zur Gänze auf die Schutzleitung [3]. In anderen Ländern wird wieder auf ein strenges, gesetzlich fundiertes Prüfwesen großer Wert gelegt, oder man forciert die Schutzisolierung, besonders bei den ortsveränderlichen Geräten.

Wie dem auch sei, die Lage ist außerordentlich kompliziert geworden und es besteht die dringende Notwendigkeit, den interessierten Fachleuten, vor allem aber den Elektroinstallateuren, das Prinzip, die Anwendungsgrenzen und die Fehlermöglichkeiten bei den ver-

viele neue Fragestellungen ergeben und es erschien angezeigt, aufbauend auf dem schon Geleisteten eine neue Demonstrationsanlage für Schutzmaßnahmen in Niederspannungsanlagen zu entwickeln, die besonders auf die in Österreich geltenden Vorschriften ÖVE-E 40/1959 Rücksicht nimmt. Die Initiative ging von der Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft aus, wobei sich besonders die zuständigen Bundesinnungen bemühten, und so konnte die Anlage in relativ kurzer Zeit geplant und fertiggestellt werden.

2) Aufbau der Anlage

Die Anlage besteht aus vier transportablen Tafeln, in die alle notwendigen Meßgeräte eingebaut sind, und die während der Vorführung durch eine Schiene, die

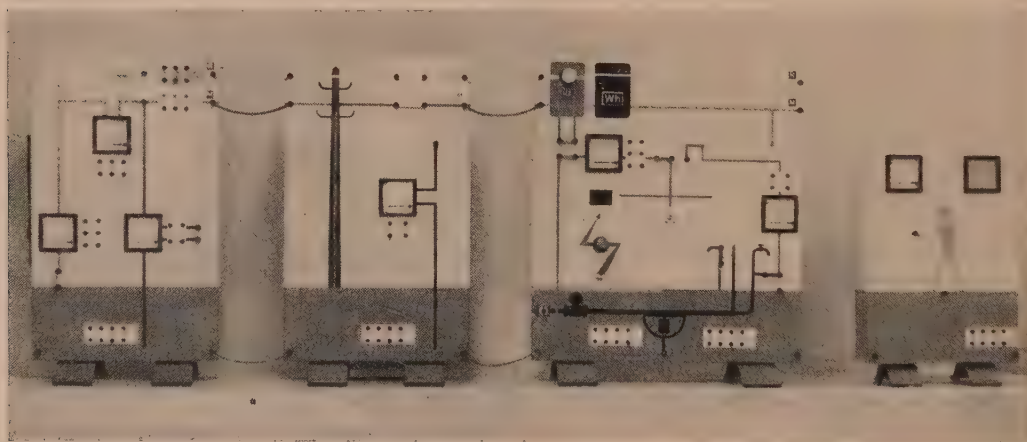
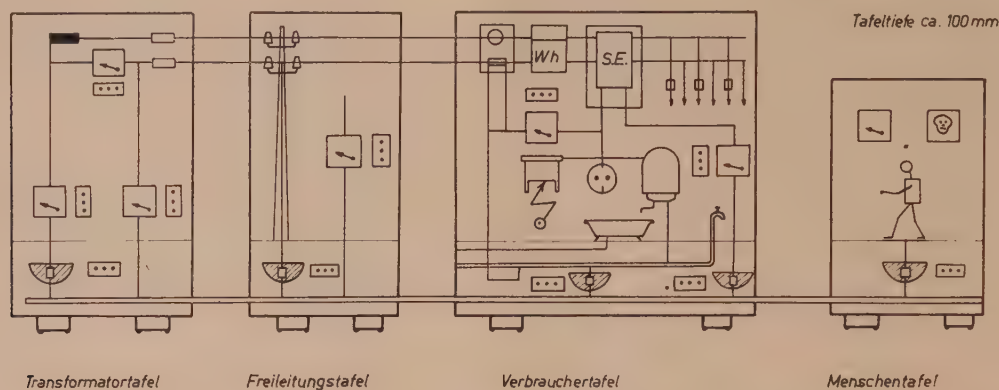


Abb. 1. Prinzipieller Aufbau und Gesamtansicht der Anlage. Demonstrationstafel „Schutzmaßnahmen in Niederspannungsanlagen“

schiedenen Schutzmaßnahmen zu veranschaulichen. Durch Aufsätze, Diskussionen und Vorträge kann schon viel erreicht werden. Trotzdem bleibt ein fühlbarer Mangel bestehen, nämlich die anschauliche Darstellung der nicht immer einfachen Verhältnisse.

Zu diesem Zweck wurde schon 1932 vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk eine grundsätzliche Schaltung zur Vorführung von Vorgängen bei der Erdung, Nullung und Schutzschaltung in 380/220-V-Netzen entwickelt. Diese Schaltung wurde nach dem Zweiten Weltkrieg von SCHNELL und SCHWENKHAGEN wesentlich verbessert [4] und zu einer transportablen Vorführanlage ausgebaut. Inzwischen haben sich jedoch

die ideelle Erde darstellt und isolierte Drähte, die eine Freileitung symbolisieren, miteinander verbunden werden (Abb. 1). Die erste Tafel enthält die für eine Netzstation notwendigen Elemente: eine einstellbare Betriebs- und Erdung des Transformators, Strommesser im Mittelleiter und in der Leitung zur Betriebs- und Erdung, einen Spannungsmesser zur Fehlerspannungsmessung und einstellbare Widerstände für die Freileitung. Die Anspeisung erfolgt, um Gefahren für den Vortragenden möglichst einzuschränken, über einen Isoliertransformator 2 kAV, der über einen Schukostecker an normale Schutzkontaktsteckdosen angeschlossen werden kann (Abb. 2).

Auf der Freileitungstafel sind eine einstellbare Erdung des Sternpunktsleiters und ein Voltmeter zur Messung der Fehlerspannung montiert. Zwei Unterbrechungsstellen in den Freileitungen ermöglichen die Darstellung des Außen- und Nulleiterbruches (Abb. 3).

Am schwierigsten war die Lösung bei der Tafel, die die Anlage des Stromverbrauchers darstellen soll. Es war ja darauf Rücksicht zu nehmen, daß durch möglichst einfache Umschaltungen alle Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter in normalen Drehstromnetzen 380/220 V dargestellt werden können. Außerdem bestand noch die Forderung, das Verhalten eines von Erde isolierten Netzes nachzubilden, weil diese Netze, z. B. in Wien das $3 \times 220\text{-V}$ -Dreiecksnetz, noch vorkommen. Die Verbrauchertafel wurde also mit allen notwendigen Einheiten versehen. Zunächst führt die Anspeisung über den

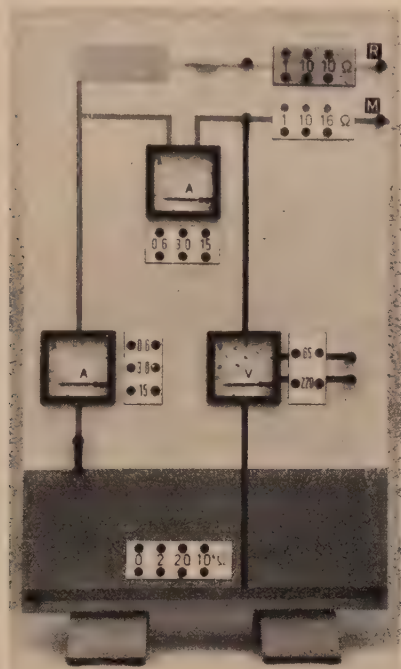


Abb. 2. Die Transformatortafel mit der Transformatornachbildung, der einstellbaren Betriebserdung und den verstellbaren Freileitungswiderständen

Hausanschluß und den symbolisch dargestellten Zähler zur Zählerverteilung. Vor der Zählerverteilung kann nun je nach der Schutzmaßnahme, die gerade besprochen wird, ein Schaltelement (S. E.) eingesetzt werden, das die notwendigen Geräte, also Sicherungen oder Schutzschalter, enthält. Mit wenigen Handgriffen kann man dann die Schutzerdung, Nullung- FU- und FI-Schaltung herstellen (Abb. 4). Als Erder ist eine Hauswasserleitung symbolisch dargestellt, aber es ist auch für die FU-Schaltung ein Einzelerder vorgesehen. Der Erdungswiderstand aller Erder ist in geeigneten Stufen einstellbar. Die eingestellten Werte bei den Erdungen, Leitungswiderständen und Meßbereichen der Instrumente werden durch kleine Glühlämpchen deutlich angezeigt. Als Stromverbraucher sind ein Elektroherd und ein Heißwasserspeicher eingezeichnet. Beim Elektroherd kann man willkürlich einen Masseschluß über Vorwiderstände hervorrufen. Die verschiedenen Vorwiderstände sind mit Schraubfassungen E 27 versehen und

werden bei der Vorführung eingeschraubt. Sie besitzen Widerstandswerte, die vom satten Masseschluß bis zu hohen Widerstandswerten (Masseschluß mit Fehlerwiderstand) reichen. Zum Teil werden dafür Glühlampen verwendet, weil man am Aufleuchten der Lampe sehr gut die Abschaltzeit des Schutzorganes beurteilen kann.

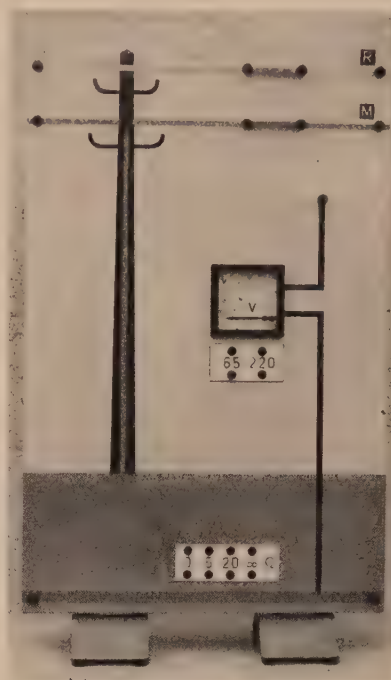


Abb. 3. Die Freileitungstafel mit dem Freileitungsmast und einer einstellbaren Betriebserdung

lampen verwendet, weil man am Aufleuchten der Lampe sehr gut die Abschaltzeit des Schutzorganes beurteilen kann.

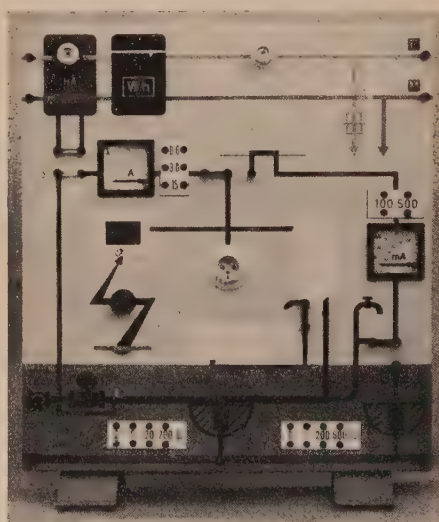


Abb. 4. Die Tafel mit einer Darstellung der Verbrauchertafel mit der Zählerverteilung, den Verbrauchsgeräten und dem Hauswasserleitungsnetz

Ebenfalls symbolisch ist eine Badewanne mit Ablaufrohr vorgesehen, um die Wirkung der Ausgleichsleitung demonstrieren zu können. Zwischen den beiden symbolisch dargestellten Stromverbrauchern ist eine

Schutzkontaktsteckdose montiert, die ordnungsgemäß an die Schutzleitung angeschlossen ist und Betriebsspannung führt.

Eine kleine ortsveränderliche Leuchte mit dreiadriger Anschlußleitung und Schutzkontaktstecker, die der Anlage beigegeben wird, ermöglicht die Durchführung von einigen Versuchen, die Schutzleiterunterbrechungen und Verwechslungen betreffen.

Völlig neuartig ist die vierte Tafel, die die Spannungs- und Stromverhältnisse bei der Elektrizitätseinwirkung auf den Menschen nachbildet. Ein Milliampere-meter zeigt den Strom an, der beim Unfall durch den Menschen fließt, und bei tödlichem Ausgang des Unfalls leuchtet auf einer Mattscheibe ein Totenkopf auf. Der Standortübergangswiderstand kann ebenfalls in Stufen verstellbar werden, um den Unterschied zwischen Berührungs- und Fehlerspannung deutlich zu machen.

3) Die Menschentafel

Die Wirkungen der verschiedenen Stromstärken in Abhängigkeit von der Einwirkungs-dauer auf den Menschen sind die Grundlage der Schutzmaßnahmen. Hier sind nun in den letzten Jahrzehnten doch wesentliche Erkenntnisse gewonnen worden. Da die Stromstärke, die bei einer bestimmten Spannung durch den menschlichen Körper fließt, vom Körperwiderstand abhängt und dieser selbst wieder spannungsabhängig ist, mußte für eine möglichst naturgetreue Nachbildung der Verhältnisse zunächst die Kennlinie des Körperwiderstandes nachgebildet werden. Hier lagen sehr genaue Untersuchungen von FREIBERGER vor [5] und in Abb. 5 sind

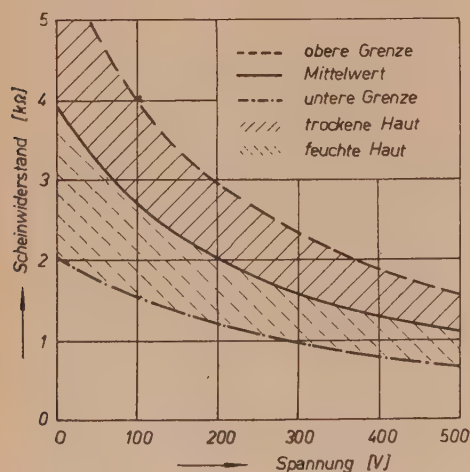


Abb. 5. Abhängigkeit des Körperwiderstandes von der Berührungsspannung nach FREIBERGER

die Werte dargestellt, die er als die wahrscheinlichsten für einen lebenden Menschen bei einem Stromweg linke Hand — rechte Hand oder Hand — Fuß angibt. Für die Nachbildung wurden spannungsabhängige Widerstände verwendet, die einen Innenwiderstand von 2 kΩ bei 0 V und 1 kΩ bei 220 V ergeben, also Werte, die an der untersten Grenze des von Freiburger ermittelten Streubereiches liegen.

Da für die Demonstrationen vor allem der tödliche Ausgang eines Elektrounfall es wesentlich ist, wurde auch in dieser Beziehung auf eine möglichst den wirklichen Verhältnissen beim Durchschnittsmenschen ent-

sprechende Nachbildung Wert gelegt. Die Grenzen für das Auftreten des tödlichen Herzkammerflimmerns sind in den letzten Jahren eingehend studiert worden [6], [7], [8]. Für die Anzeige des tödlichen Ausgangs eines Unfalls wurde daher eine Relaisschaltung entwickelt,



Abb. 6. Menschentafel mit Meßinstrument zur Anzeige des Körperstromes, Totenkopf zur Anzeige des tödlichen Ausgangs eines Unfalls und veränderlichen Standort-Übergangswiderständen

deren Zeitkennlinie der Gefahrenkennlinie entspricht, die mit größter Wahrscheinlichkeit für den menschlichen Organismus Gültigkeit hat, wobei auch hier wieder die untersten Werte des Streubereiches genommen wurden.

Tabelle I. Auslösekennlinie des Relais

Strom (mA)	50	60	70	100	220
Einwirkungs-dauer bis zur Anzeige des tödlichen Ausgangs (s)	∞	3,0	2,0	1,0	0,4

Strom, Spannung und Zeitwerte der Menschentafel sind also so gewählt, daß beim Anlegen von Spannung an die Tafel der Strom durch den Körper und die Zeitdauer bis zur Anzeige des tödlichen Ausgangs mit größter Wahrscheinlichkeit den tatsächlichen Verhältnissen beim Unfall eines Menschen entsprechen. Abb. 6 zeigt die praktische Ausführung dieser Menschentafel und Abb. 7 die innere Schaltung dieses „homunculus electricus“.

Bei dieser Tafel wurde auch noch ein veränderlicher Standortübergangswiderstand vorgesehen, und zwar mit den Widerstandsstufen 0, 160, 1 600 Ω und ∞. 0 Ω entspricht also dem völlig leitenden Boden, z. B. einer Metallfläche, die Erdpotential hat. Die Werte 160 und 1 600 Ω wurden mit der Formel

$$R_u = 1,6 \cdot \varrho$$

für einen spezifischen Bodenwiderstand von 100 und 1 000 Ωm errechnet. Schließlich entspricht noch der Widerstand „unendlich“ einem völlig isolierenden

Boden, z. B. einem Gummibelag. Man kann hier also sehr schön zeigen, wie sich je nach Standortübergangswiderstand die Berührungsspannung U_b ändert, obwohl die Fehlerspannung U_f konstant, z. B. 220 V, bleibt.

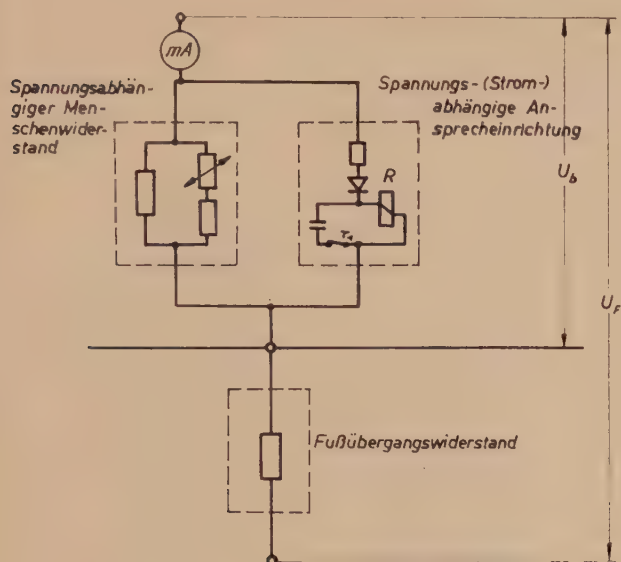


Abb. 7. Prinzipschaltbild der Menschentafel

Das eingebaute Milliampere-Meter mißt den Strom, und wenn die Flimmergrenzen der Stromeinwirkung überschritten werden, leuchtet ein Totenkopf auf.

Mit der zusammengesetzten Anlage kann man zunächst allgemeine Versuche zur Unfalls- und Brandgefahr in elektrischen Anlagen durchführen.

4) Allgemeine Versuche zur Unfalls- und Brandgefahr in elektrischen Anlagen

Durch einige einfache Versuche kann man zeigen, daß lebens- und brandgefährliche Verhältnisse in einer elektrischen Anlage entstehen können, wenn keine Schutzmaßnahmen angewendet werden. Dazu wird zunächst die Schutzleitung unwirksam gemacht, indem man die Erdverbindung unterbricht. Bei Absicherung

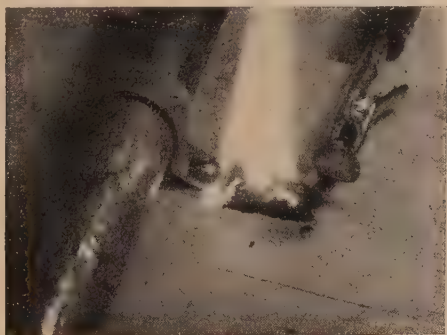


Abb. 8. Zündversuch zur Darstellung der Brandgefahren durch Erdfehlerströme

mit Leitungsschutzorganen, z. B. mit einer flinken 6-A-Sicherung, ist zwar in der Anlage der Überlastungs- und Kurzschlußschutz sichergestellt, aber im Falle von Masseschlüssen bleibt natürlich die Fehlerspannung be-

stehen und bei Berührung tritt ein tödlicher Unfall auf. Auch gegen Brände durch Erdfehlerströme schützen Leitungsschutzorgane nicht. Dies kann man zeigen, wenn man nach einem Vorschlag von Schnell den Metallmantel eines Installationsrohres über einen Vorwiderstand mit einem Außenleiter verbindet. Berührt das Installationsrohr über eine Widerstandsverbindung, z. B. ein mit Salmiaklösung getränktes Lämpchen, ein geerdetes Wasserrohr (Erdschluß), so kommt es schon bei einer Stromstärke von 6 A zu einer Lichtbogenbildung, die durch die vorgeschaltete Schmelzsicherung nicht verhindert werden kann. Aber schon bei viel kleineren Erdschlußströmen kann es zum Brand kommen. Montiert man z. B. auf ein Holzbrett ein Installationsrohr (Bergmannrohr) und etwa 1...2 cm davon entfernt einen zweiten Metallteil und legt daran über eine 200-W-Glühlampe die Netzspannung gegen Erde, also 220 V, an, so kommt es beim Anfeuchten des Holzes mit einer Salzlösung schon bei Stromstärken von 300 bis 500 mA zur Verkohlung und oft auch zur Flammenbildung (Abb. 8).

Um auch einen Spannungstrichter vorführen zu können, wurde in einer Isolierstoffwanne eine Ringlelektrode angeordnet, in deren Achse sich ein Staberder befindet. Die Wanne wird mit feuchtem Sand gefüllt und man kann sehr schön, etwa mit einem kleinen Tier-

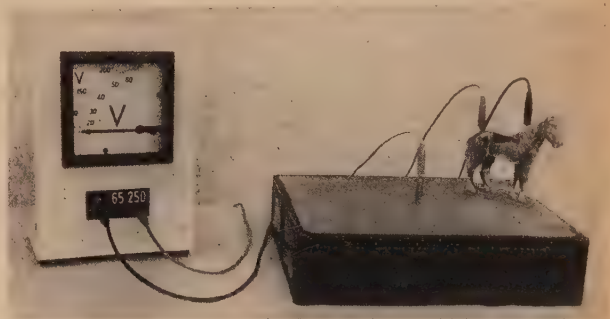


Abb. 9. Versuchsanordnung zur Darstellung des Spannungstrichters

modell, in dessen Beinen sich die Sonden für den Voltmeteranschluß befinden, die Ausbildung des Spannungstrichters in radialer und tangentialer Richtung demonstrieren (Abb. 9).

5) Die Schutzerdung

Bei der Schutzerdung besteht das Schaltelement aus einem Einsatz mit trägen oder flinken Schmelzsicherungen bzw. Schraubautomaten der L- oder H-Type (Abb. 10). Zunächst kann man zeigen, daß bei vorschriftsmäßigen Schutzerdungswiderständen die Masseschlüsse abgeschaltet werden, wobei man die unterschiedlichen Abschaltkennlinien der verschiedenen Leitungsschutzorgane erläutern kann. Als Erder wird das Wasserleitungsnetz auf der Verbrauchertafel verwendet.

Sind die Erdungswiderstände zu hoch, dann kommt es zu keiner Abschaltung und gefährliche Fehlerspannungen bleiben bestehen. Unterbrechungsstellen in der Nachbildung des Wasserleitungsnetzes erlauben die Vorführung dieses Fehlerfalles. Es kommt dann auch zu gefährlichen Spannungen zwischen dem Heißwasserspeicher und der Badewanne. Durch die Ausgleichs-

leitung können diese Gefahren vermieden werden, wie die Durchführung der entsprechenden Spannungsmessungen, nach der elektrischen Verbindung der Aus-

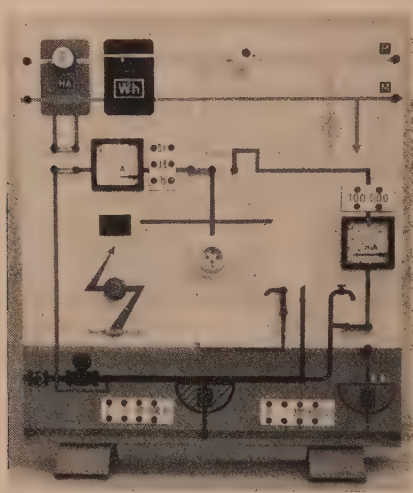


Abb. 10. Verbrauchertafel mit Einsatz für Schmelzsicherungen oder Schraubautomaten zur Darstellung der Verhältnisse bei Schutzerdung und Nullung

gleichsleitung mit dem Heißwasserspeicher, erkennen läßt.

Nach Anstecken der Tischlampe kann man zeigen, daß die Voraussetzung zur Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter die einwandfreie Installation der Schutzleitung bildet. Schutzleiterunterbrechungen oder Verwechslungen machen die Schutzmaßnahmen unwirksam. Bei einer Schutzleiterverwechslung kann das Gerät trotzdem scheinbar einwandfrei arbeiten, da es über die Erdung betrieben wird. Durch eine Betriebskontrolle können daher Schutzleiterverwechslungen nicht erkannt werden, sondern nur durch eine Überprüfung der Schutzleitung mit dem Leitungsprüfer.

Einfach lassen sich die Spannungsverhältnisse gegen Erde in einem Netz mit Schutzerdung darstellen. Mit verschiedenen Schutzerdungswiderständen und entsprechenden Erdungen des Transformators in der Station kann man die Abhängigkeit der Mittelleiterspannung gegen Erde von den Erdungsverhältnissen des Netzes zeigen (Spannungswaage).

6) Die Nullung

Bei der Vorführung der Verhältnisse in einem genullten Netz wird das gleiche Schaltelement verwendet wie bei der Schutzerdung. Der Anschluß des Schutzleiters (Nullungsleiters) erfolgt im Hausanschlußkasten an den Betriebsnullleiter, der dort auch mit dem Wasserleitungsnetz der Verbrauchertafel verbunden ist. Die Nullung entspricht also einer Installation mit getrennt geführtem Nullungsleiter, also einem System, das in vielen Ländern angewendet wird und z. B. in der Schweiz mit Schema I bezeichnet ist.

Man kann zunächst zeigen, daß bei Einhaltung der Abschaltbedingung und sattem Körperschluß die Leitungsschutzorgane ansprechen. Nach Erhöhung der Leitungswiderstände der Freileitung durch eine Umschaltung auf der Transformatortafel kann man die Aufteilung der Ströme und Spannungen bei sattem Körperschluß nachbilden und vor allem zeigen, daß bei der

Nullung ein beträchtlicher Anteil der Netzspannung gegen Erde als Spannungsabfall im Außenleiter verbraucht wird, ein Umstand, der von vielen Fachleuten als großer Vorteil der Nullung angesehen wird. Durch entsprechend vorgesehene Unterbrechungsstellen kann man die Gefahren bei Nulleiterunterbrechungen sowohl im Netz als auch in der Verbraucheranlage vorführen. Auch der Außenleiterbruch im Freileitungsnetz mit nachfolgender Berührung zwischen Außenleiter und Nulleiter kann nachgebildet werden.

7) Die Fehlerspannungsschutzschaltung

Hier besteht das Schaltelement aus einem handelsüblichen Fehlerspannungsschutzschalter (Abb. 11). Man kann zunächst die Funktion des Schalters bei verschiedenen Hilfserdungswiderständen und beim Betätigen der Prüftaste zeigen. Die Hilfserde liegt dabei außerhalb des Spannungstrichters der Erdungen der geschützten Geräte. Die gefährlichste Fehlschaltung beim FU-Schutz, nämlich der Kurzschluß der Auslösespule durch einen Verbraucher, der mit der Hilfserde leitend verbunden ist, kann demonstriert werden, wenn man als Hilfserde das Wasserleitungsnetz der Verbrauchertafel verwendet.

Wird der Boiler an die Schutzleitung angeschlossen, dann müssen hohe Fehlerströme fließen, damit der FU-Schalter auslöst. Man zeigt damit, daß die FU-Schaltung am besten für den Schutz einzelner Geräte, die

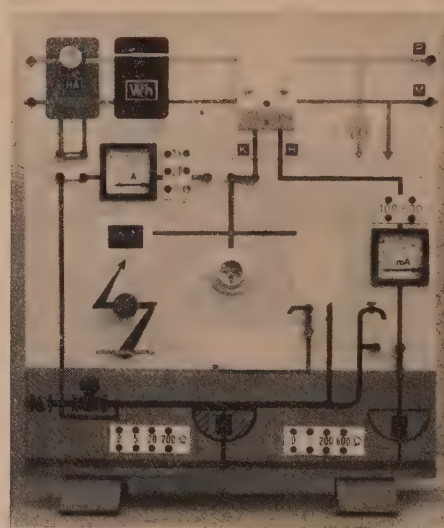


Abb. 11. Verbrauchertafel mit Einsatz zur Darstellung der Fehlerspannungsschutzschaltung

von Erde isoliert sind, geeignet ist und im allgemeinen nicht für den Schutz einer ganzen Anlage verwendet werden soll.

8) Die Fehlerstromschutzschaltung

Zur Vorführung dieser jüngsten Schutzmaßnahme wird ein Schaltelement eingesetzt, auf dem ein Fehlerstromschutzschalter montiert ist. Um höhere Empfindlichkeiten vorführen zu können (Auslösegrenzfehlerstrom 80 mA) wurde ein Schalter mit Impulsauslösung verwendet (Abb. 12).

Man kann wieder zunächst die ordnungsgemäße Funktion bei vorschriftsmäßigen Erdungswiderständen

und beim Betätigen der Prüftaste zeigen. Wird der Mittelleiter nicht über den Schalter geführt oder hat er nach dem Schalter in der Verbraucheranlage einen Erd-schluß, so kommt es zu Fehlauflösungen.

Die Auslösekenlinie des Schalters wird vorgeführt, indem man Masseschlüsse über verschiedene Vorwiderstände — am besten Glühlampen — hervorruft.

Man kann auch die Unempfindlichkeit der Fehlerstromschutzschalter mit Impulsauslösung gegenüber Schwankungen der Erdungswiderstände vorführen, in-

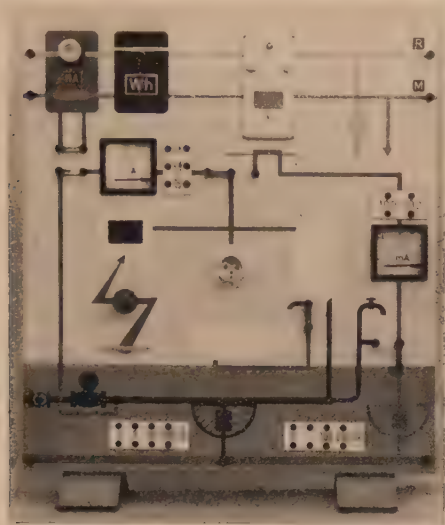


Abb. 12. Verbrauchertafel mit Einsatz zur Darstellung der Fehlerstromschutzschaltung

dem man den Schutzerdungswiderstand etwa auf das Zehnfache erhöht. Die Abschaltung der Fehlerstelle erfolgt dann immer noch in der Zeit, die für die Schutz-erdung als ausreichend angesehen wird.

Wird nun die Tischlampe mit verwechseltem Schutz-leiter angeschlossen, dann löst der FI-Schutzschalter aus, da das Gerät über die Erde arbeitet. Man kann also mit höher empfindlichen FI-Schutzschaltern Schutz-leiterverwechslungen erkennen.

9) Von Erde isolierte Netze

Die prinzipielle Wirksamkeit der Schutzerdung, der Fehlerspannungs- und Fehlerstromschutzschaltung in einem von Erde isoliertem Netz, kann man zeigen, indem auf der Transformatortafel der Widerstand der Betriebserdung des Transformators auf 10 k Ω erhöht wird. Bei einfachen Masseschlüssen spricht die „Sicherung bei der Schutzerdung dann nicht an. Auch die FU- und die FI-Schutzschaltung lösen nicht aus. Es

tritt aber auch keine gefährliche Spannung gegen Erde bei den geschützten Geräten auf, da die gesamte Spannung an den Isolationswiderständen des Netzes abfällt.

Während aber die Prüfeinrichtung beim FU-Schutzschalter nicht funktioniert, kann die Funktionsbereitschaft beim FI-Schalter auch bei gut von Erde isolierten Netzen durch Betätigen der Prüfeinrichtung festgestellt werden.

10) Zusammenfassung

Die rasche Entwicklung der Technik der Schutzmaßnahmen macht es erforderlich, Prinzip und Fehlermöglichkeiten der verschiedenen Schutzmaßnahmen anschaulich darzustellen. Zu diesem Zweck ist eine Demonstrationsanlage entwickelt worden, die aus vier Tafeln: der Transformatortafel, der Freileitungstafel, der Verbrauchertafel und einer Menschentafel besteht. Damit können sowohl die Unfalls- und Brandgefahren in elektrischen Anlagen vorgeführt, als auch die Wirkungen des elektrischen Stromes näher erläutert werden. Des weiteren können die meisten Fragen der Praxis, die sich bei der Anwendung der Schutzerdung, der Nullung, der Fehlerspannungs- und Fehlerstromschutzschaltung ergeben, beantwortet werden. Die Anlage ist transportabel und wird es dem Vortragenden sicher erleichtern, die nicht immer einfachen Probleme auch jenen Fachkreisen verständlich zu machen, die über keine höhere Schulbildung verfügen.

Schrifttum

- [1] HAMEISTER, G.: Die Berührungsschutzmaßnahmen, Stand und Tendenz. Elektrizitätswirtschaft, 55. Jg (1956), H. 15, S. 507.
- [2] BIEGELMEIER, G.: Der vollkommene Fehlerschutz bei Niederspannungsanlagen. E und M, 76. Jg. (1959), H. 5, S. 93.
- [3] POYART, R.: Schutzmaßnahmen in den Anlagen der privaten Stromabnehmer — französischer Standpunkt und Bestrebungen der E.D.F. Elektrizitätswirtschaft, 59. Jg. (1960), H. 17, S. 581.
- [4] SCHNELL, P.: Anlage zur Vorführung von Lebens- und Brandgefahren durch den elektrischen Strom und Verhütungsmaßnahmen. ETZ, 71. Jg. (1950), S. 645.
- [5] FREIBERGER, H.: Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom. Wien: Springer-Verlag, 1934.
- [6] KOUWENHOVEN, W. B., G. G. KNICKERBOCKER, R. W. CHESNUT, W. R. MILNOR und D. J. SASS: AC-Shocks on Varying Parameters Affecting the Heart. AIEE-Transactions, Part I (1959), S. 163...169.
- [7] DALZIEL, C. F.: Threshold 60-Cycle Fibrillating Currents. AIEE Conference-Paper 60—40, 1960.
- [8] BIEGELMEIER, G.: Ein Beitrag zur Problematik des Berührungsspannungsschutzes in Niederspannungsanlagen. ETZ-B, 12. Jg. (1960), H. 25, S. 611...615.

Elektrounfall und vegetative Konstitution

Von F. KRACMAR, Wien

DK 616-001.22 : 612.8

Auf Grund der alten Erfahrungstatsache, daß die Menschen gegenüber den Einwirkungen des elektrischen Stromes unterschiedlich empfindlich sind, wurde bereits vor längerer Zeit ein Zusammenhang zwischen Körperkonstitution und Stromempfindlichkeit bzw.

Stromgefährdung vermutet. So hat bereits im Jahre 1935 H. NOWACK [1] auf den Zusammenhang zwischen Körperkonstitution und Stromgefährdung hingewiesen, wobei er betonte, daß außerdem die Stromart (Gleich- oder Wechselstrom), die Frequenz des Wechselstromes,

der Stromweg und die zeitliche Dauer der Stromeinwirkung eine Rolle spielen. Auch JELLINEK [2] sieht in der Körperkonstitution einen wichtigen Faktor für etwaige durch Stromeinwirkung verursachte Schädigungen. Aus dieser Erkenntnis heraus forderte er im Jahre 1922 als prophylaktische Maßnahme gegen die Stromgefährdung des Elektroarbeiters die ärztliche Feststellung der Körperbeschaffenheit des Arbeiters. Aus seinen Beobachtungen folgerte E. SCHRIDDE [3], daß der leptosome Konstitutionstyp als besonders stromgefährdet angesehen werden kann.

In der Frage des Zusammenhanges zwischen Konstitution und Anfälligkeit gegenüber Stromeinwirkungen hat H. SCHÄFER [4] im Jahre 1949 festgestellt, daß in der Unfallstatistik kein eindeutiges Material vorliegt, bzw. eine systematische Auswertung in dieser Richtung noch nicht vorgenommen wurde. „Die von Schridde behauptete stärkere Anfälligkeit des leptosomen Typs wird nicht anerkannt.“

Die Beobachtung von Jellinek [5], daß elektrische Unfälle schlafender Personen fast niemals einen tödlichen Ausgang nahmen, führte uns zu der Annahme, die individuelle Stromempfindlichkeit durch die jeweilige Reaktionslage des vegetativen Nervensystems charakterisiert zu sehen, da im Schlafe die trophotrop-parasympathikotone (vagotone) Reaktionslage mit hohen Hautpolarisationswiderständen vorherrscht.

Untersuchungen von K. KÖTSCHAU [6] haben nun gezeigt, daß im Schlafe die Polarisationskapazität der Haut niedriger ist als im Wachzustand. Der Polarisationswiderstand der Haut ist jedoch nach den Untersuchungen von S. TITELBAUM [7], C. F. RICHTER [8] und H. REGELSBERGER [9] beim schlafenden Menschen größer als beim wachen. Da nun im Schlaf beim Menschen die trophotrop-parasympathikotone Erregungslage des vegetativen Nervensystems erhöht, die ergotrop-sympathikotone Erregungslage erniedrigt ist, können der Polarisationswiderstand R und die Polarisationskapazität C als Maß für die Erregungslage der synergistischen Anteile des vegetativen Nervensystems angesehen werden, wie von uns an anderer Stelle [10] ausgeführt wurde. Es entspricht dabei C der Erregungslage des ergotrop-sympathikotonen und R der Erregungslage des trophotrop-parasympathikotonen Anteiles des vegetativen Nervensystems.

Nach O. HAUSWIRTH [11] können nach dem Vorherrschen je eines Anteiles der genannten Erregungslage des vegetativen Nervensystems die Menschen in bestimmte „vegetative Konstitutionstypen“ eingeteilt werden. Er unterscheidet zwischen dem Sympathikotoniker mit überwiegend ergotrop-sympathikotoner Erregungslage und dem Vagotoniker mit überwiegend trophotrop-parasympathikotoner Erregungslage des vegetativen Nervensystems¹⁾.

Zufolge der früher angeführten Korrelation zwischen C und sympathikotoner, bzw. R und parasympathikotoner Erregungslage des vegetativen Nervensystems

sind die genannten Konstitutionstypen folgendermaßen charakterisiert:

Der Sympathikotoniker besitzt einen kleinen Polarisationswiderstand und eine hohe Polarisationskapazität, während beim Vagotoniker der Polarisationswiderstand groß und die Polarisationskapazität klein ist.

Da nach den früher angeführten Feststellungen von Jellinek der schlafende Mensch stromunempfindlicher ist, kann angenommen werden, daß der Sympathikotoniker stromempfindlicher ist als der Vagotoniker.

Diese Annahme kann nun verschiedentlich gestützt werden. So kann rein rechnerisch gezeigt werden, daß unter der Voraussetzung der Parallelschaltung von R und C der Scheinwiderstand des Sympathikotonikers kleiner ist als der des Vagotonikers. Bei einer bestimmten Wechselspannung fließt also durch den Körper des einen Typs ein größerer Strom als durch den des anderen. Für unsere Annahme der besonderen Stromempfindlichkeit des Sympathikotonikers spricht noch eine andere Tatsache. JÄGER [12] hat bereits im Jahre 1921 darauf hingewiesen, daß die meisten elektrischen Unfälle in die Sommermonate Juni bis August fallen. An dieser Tatsache hat sich seit Jahrzehnten nichts geändert. Eine durchgeführte Auswertung der Zentralstatistik der elektrischen Unfälle in Österreich für die Jahre 1953 bis 1958 zeigte, daß auf die Monate Juni bis August 34...38% der gesamten jährlichen elektrischen Unfälle entfallen. Diese hohe Zahl von elektrischen Unfällen in den Sommermonaten ist den Sicherheitstechnikern schon lange aufgefallen und man hat verschiedene Erklärungen hierfür angegeben. So sieht Jäger in der in diesen Monaten auftretenden vermehrten Schweißbildung beim Menschen den Grund für die Zunahme der tödlich verlaufenden elektrischen Unfälle. Unserer Ansicht nach scheint jedoch für diese signifikante Zunahme der elektrischen Unfälle in diesen Monaten maßgebend zu sein, daß sich nach BIRKMAYER-WINKLER [13] der Mensch im Sommer in einer sympathikotonen Reaktionslage des vegetativen Nervensystems befindet und daher stromempfindlicher ist.

In diesem Zusammenhange ist es interessant darauf hinzuweisen, daß die durch 50-Hz-Wechselstrom hervorgerufene Sympathikuserregung die vielen Elektroschäden durch Kammer- und Vorhofflimmern bei relativ geringen Spannungen erklärt, was vor kurzem H. WOLFF [14] gezeigt hat. Da nun beim Sympathikotoniker die Sympathikuserregung vorherrscht, so erscheint es nach diesen Feststellungen Wolff's einleuchtend, daß dieser speziell gegen Wechselstrom empfindlicher ist.

Um einen Einblick in die unterschiedliche Stromempfindlichkeit von Sympathikotonikern und Vagotonikern zu erhalten, wurde bei 46 Studenten der Fachrichtung Elektrotechnik einer Bundesgewerbeschule mit einer an anderer Stelle [15] beschriebenen Methode den Polarisationswiderstand und die Polarisationskapazität für den Stromweg Hand—Hand ermittelt. Nach den Versuchsergebnissen wurden jene zwei Personen ausgewählt, welche bei den Messungen Extremwerte zeigten, d. h. hinsichtlich ihrer vegetativen Konstitution als Sympathikotoniker bzw. Vagotoniker anzusprechen waren. Für diese beiden Konstitutionstypen wurden die bei bestimmten Wechselspannungen (50 Hz) auftretenden Körperströme berechnet und in der folgenden Tabelle I zusammengestellt.

¹⁾ Nach DE CRINIS (Das vegetative System, Leipzig: Verlag G. Thieme, 1944) sichert der Sympathikus die aktuelle Funktionsbereitschaft der Zelle (ergotropes Prinzip), während der Parasympathikus für die Ergänzung des verbrauchten Materials und damit für die Erhaltung der potentiellen Leistungsfähigkeit (trophotropes oder histotropes Prinzip) sorgt.

Da es hier nur auf die Schilderung qualitativer Zusammenhänge ankommt, wurde die von FREIBERGER angegebene Tatsache, daß sich der Körperwiderstand mit wachsender Spannung verkleinert, bei unseren Berechnungen nicht berücksichtigt.

Tabelle I. *Errechnete Größe des Körperstromes bei verschiedener vegetativer Konstitution*

Stromweg: Hand—Hand.
Spannungen: 65 V und 220 V, 50 Hz.

	Sympathikotoniker	Vagotoniker
Polarisationswiderstand [k Ω]	2,2	16
Polarisationskapazität [μ F]	1,2	0,15
Spannung: 65 V Stromstärke [mA]	38,1	5,1
Bereich nach Koeppen	II	I
Spannung: 220 V Stromstärke [mA]	102,4	17,2
Bereich nach Koeppen	III	I

Stromstärkebereiche nach Koeppen

- Bereich I bis 25 mA . . kein Einfluß auf die Herzschlagfolge und das Reizleitungssystem.
- Bereich II 25 . . . 80 mA . . Herzunregelmäßigkeit, Blutdrucksteigerung, reversibler Herzstillstand, Arrhythmie.
- Bereich III über 80 mA . . Herzkammerflimmern.

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß bei der in den Vorschriften festgelegten maximal zulässigen Berührungsspannung von 65 V beim Sympathikotoniker ein Strom durch den Körper geht, der nach KOEPPEN [15] Herzunregelmäßigkeit, Blutdrucksteigerung, reversiblen Herzstillstand bzw. Arrhythmie auslösen kann. Beim Vagotoniker ist bei dieser Spannung die Stromstärke in einem Bereich, bei dem kein Einfluß auf die Herzschlagfolge und das Reizleitungssystem ausgeübt wird.

Bei einer Wechselspannung von 220 V ist beim Sympathikotoniker der Strom bereits so hoch, daß nach

Koeppen Herzkammerflimmern auftreten kann, während beim Vagotoniker der Strom eine Größe besitzt, bei der praktisch keine wesentlichen physiologischen Wirkungen ausgeübt werden würden (Bereich I nach Koeppen), wenn nicht mit einer wesentlichen Verkleinerung des Körperwiderstandes bei zunehmender Spannung gerechnet werden müßte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß es auf Grund der bisherigen Ausführungen zulässig erscheint, die Stromempfindlichkeit des Menschen mit seiner vegetativen Konstitution in Korrelation zu setzen, wobei in erster Linie der Sympathikotoniker besonders stromgefährdet ist.

Schrifttum

[1] NOWACK, H.: Der Elektrotechniker, 15. Jg. (1935), S. 301.

[2] JELLINEK, St.: E und M, 39. Jg. (1921), S. 341.

[3] SCHRIDDE, E.: Klin. Wschr., (1925), Nr. 45.

[4] SCHÄFER, H.: Biophysik Teil II, S. 68. Wiesbaden: Dieterich'sche Verlagsbuchhandlung. 1949.

[5] JELLINEK, St.: Der elektrische Unfall. Wien: Verlag F. Deuticke. 1928.

[6] KÖTSCHAU, K.: Ztschr. experimentelle Med., 91. Jg. (1933), S. 764 . . . 783.

[7] TITELBAUM, S.: Dissertation Univ. Chicago. 1941.

[8] RICHTER, C. F.: Americ. J. Physiol., Vol. 88 (1929), S. 596 . . . 615.

[9] REGELSBERGER, H.: Der bedingte Reflex und die vegetative Rhythmik des Menschen, dargestellt am Elektrodermatogramm. Wien: Springer-Verlag. 1952.

[10] KRACMAR, F.: Biophysik und prophylaktische Medizin. Vortrag, Weltkongreß f. prophylaktische Medizin und Sozialhygiene, Bad Aussee, Sept. 1960.

[11] HAUSWIRTH, O.: Vegetative Konstitutionstherapie. Wien: Springer-Verlag. 1953.

[12] JÄGER: Zbl. f. Gew. Hyg. (1921), S. 153.

[13] BIRKMAYER, W., und W. WINKLER: Klinik und Therapie vegetativer Funktionsstörungen. Wien: Springer-Verlag. 1951.

[14] WOLFF, H.: Ärztl. Praxis, 12. Jg. (1960), S. 1 615.

[15] KRACMAR, F.: E und M, 78. Jg. (1961), H. 9. S.

[16] KOEPPEN, S., und F. PANSE: Klinische Elektropathologie. Stuttgart: Georg Thieme-Verlag. 1955.

Elektrizitätsspuren an Metallen

Von F. MARESCH, Wien

DK 621.315.5.014.334 : 669.004.63

Im Rahmen dieser Betrachtung soll untersucht werden, wie weit den Elektrizitätsspuren an Metallen spezifische Eigenschaften zukommen, die dann von Wichtigkeit werden, wenn es gilt, die Wirkung elektrischer Energie als Ursache eines Schadens nachzuweisen.

Die Veränderungen, auf die es hier vor allem ankommt, hängen von den Eigenschaften des betroffenen Metalles, von der Art, in der die elektrische Energie zur Wirkung kommt sowie von der Dauer der Einwirkung und der Stärke des Stromes ab.

1) Elektrizitätswirkung in der Metallmasse

Bei Stromstößen kann es zu einem plötzlichen Schmelzen eines Drahtstückes kommen, das sich dann durch die Wirkung der Oberflächenspannung und Kohäsion in bestimmten Abständen zu kugeligen Gebilden zusammenballt. Die Anordnung der Tropfen zeigt oft eine große Regelmäßigkeit, sowohl in der Entfernung der Gebilde voneinander als auch in ihrer Größe. Mitunter reihen sich die Tropfen knapp aneinander, wodurch der Draht ein perlschnurartiges Aussehen erhält. Vor allem nach Blitzschlag ist das Zusammenschmelzen der einzelnen Litzen eines Leitungsdrahtes zu einem Stab zu beobachten, wobei aber die Einzeldrähte nicht zusammenfließen.

Neben den thermischen Veränderungen kommt es auch zu mechanischen Wirkungen. Bei Versuchen mit Kondensatorentladungen konnte beobachtet werden, daß ein dünner Draht zunächst Erschütterungen erleidet, dann erhält er Biegungen und Knickungen, wie wenn er von einem kantigen Instrument eingedrückt worden wäre. Bei stärkeren Entladungen zerreißt er in eine Anzahl kleinerer Stücke und wird schließlich unter glänzenden Lichterscheinungen zerstäubt. Ähnliche Erscheinungen ergaben sich auch bei Versuchen mit stromstarken Entladungen bis 300 kA. In der spurenkundlichen Praxis können solche Beobachtungen immer wieder gemacht werden. Vor allem nach Blitzschlag weisen Drähte mitunter scharfe Knickungen auf oder werden in Stücke zerrissen. Abb. 1 zeigt die Röntgenaufnahme



Abb. 1. Kupferdraht, durch Blitzschlag in kleine Stücke zerbrochen

eines Kupferdrahtes, der im Innern der nichtbeschädigten Gummiisolation in zahlreiche kleine Stücke zerbrochen ist.

Andere mechanische Wirkungen, die mit der elektromagnetischen Eigenwirkung erklärt werden müssen, sehen wir z. B. an den verdrehten Drähten von Blitzableiterseilen, die an der Bruchstelle gestreckt, und deren Enden fächerförmig auseinandergetrieben sind. Gabelförmige Kontaktstücke werden auseinandergedrückt.

2) Elektrizitätswirkungen an der Metalloberfläche

Durch elektrische Entladungen entstehen Schmelzungen an der Metalloberfläche. Ein besonderes Merkmal dieser Spuren ist die streng örtliche Begrenzung. Schon ARISTOTELES berichtete, daß er unter der Wirkung eines Blitzschlages das Kupfer eines Schildes schmelzen sah, ohne daß das Holz beschädigt wurde.

KRATTER¹⁾ beobachtete einen Blitzschlag, bei dem die Kupfermünzen in der Tasche des Getöteten zusammenschmolzen, die Kleider aber keinerlei Zeichen der Verbrennung aufwiesen. Es ist eine häufige Erscheinung, daß durch Blitzschlag Metallknöpfe, Schnallen u. dgl. Schmelzungen zeigen, die unmittelbar daneben befindlichen leicht brennbaren Stoffe aber keine oder nur ganz geringe Versengungen erkennen lassen.

Diese Eigenart der elektrischen Schmelzspur findet ihre Erklärung in der Art der Entstehung. Es wird dem Fußpunkt der Entladung, also einer kleinen Stelle der Metalloberfläche, in sehr kurzer Zeit eine gewaltige Wärmemenge zugeführt, durch die es zu einer augenblicklichen Schmelzung, ja zur Verdampfung des Metalles kommt. Wenn dann im nächsten Moment die Wärmezufuhr durch Unterbrechung der Entladung aufhört, dann wird die gespeicherte Wärme sehr rasch durch Leitung und Strahlung an die Umgebung abgegeben und das Metall erstarrt ebenso rasch, wie es geschmolzen wurde.

Eine andere Eigenschaft der elektrischen Schmelzung ist die metallisch glänzende Oberfläche. Während die Oberfläche bei einer rein thermischen Schmelzung unter dem Einfluß des Luftsauerstoffes bzw. der Verbrennungsgase eine chemische Veränderung erleidet, erfolgt bei der elektrischen Entladung, vermutlich dadurch, daß die Luft mit großer Gewalt zur Seite gedrängt wird, das Schmelzen unter anderen Bedingungen.

Die streng örtliche Abgrenzung des Schadens, die Unversehrtheit leicht brennbarer Stoffe in der nächsten Umgebung und die glänzende Oberfläche der elektrischen Schmelzung können durch einen nachträglichen Brand, durch Witterungseinflüsse, durch Feuchtigkeit u. dgl. starke Veränderungen erfahren. In solchen Fällen kann aber oftmals aus der Anordnung oder der Form der Schmelzung auf deren elektrische Entstehung geschlossen werden.

Bei gruppenweisem Auftreten der Schmelzungen wird meist eine geometrische Anordnung vorherrschen. Es können die Schmelztropfen geradlinig aufeinander fol-

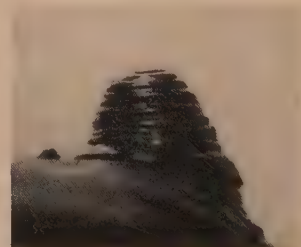


Abb. 2. Schmelztropfen, durch Stichflamme und Lichtbogen entstanden

gen, bedingt durch die Erweiterung des Lichtbogens infolge des Wärmearuftriebes oder der elektrodynamischen Einwirkung, es können sich auch, durch Ablenkung bedingt, die aufeinanderfolgenden Schmelztropfen spiralförmig um einen Draht anordnen oder Wellenlinien bilden. Auch kreisförmige Anordnungen, die an Spritzfiguren erinnern, konnten beobachtet werden.

¹⁾ Der Tod durch Elektrizität. Wien: Verlag F. Deuticke. 1896.

Die äußere Form des Schmelztropfens selbst ist zum Teil von den Eigenschaften des Metalles abhängig. So kann z. B. beim Erkalten durch Freiwerden von Gas ein Verspritzen von Material und ein Poröswerden der Oberfläche eintreten. Bei Legierungen kann durch Verdampfen eines leichtflüssigen Bestandteiles die Oberfläche ein schmutziges Aussehen erhalten. Desgleichen können die mechanische Beschaffenheit der Oberfläche und das Eigengewicht des Tropfens die Schmelzung deformieren, und auch der bei der Entladung statt-



Abb. 3. Schmelztropfen durch Lichtbogen

findende Übergang von Metall kann das Aussehen der Schmelzung beeinflussen. In vielen Fällen weisen aber die elektrisch entstandenen Schmelzungen eine Form auf, durch die sie sich von anderen Schmelzprodukten unterscheiden.

Abb. 2 zeigt links einen Schmelztropfen, der auf einem Kupferdraht, durch die Hitze eines Gaslötrohres erzeugt wurde. Der Schmelztropfen hat die für kleine Flüssigkeitsmengen charakteristische Kugelgestalt angenommen. Eine ganz andere Form zeigt dagegen der rechte, auf dem Trennschalter einer 5 000-Volt-Anlage durch einen Lichtbogen entstandene Schmelztropfen. Er hat die Form eines Kegels, dessen Oberfläche konzentrische Riefen aufweist. Diese Gestaltung läßt annehmen, daß in der Entladung besondere Kräfte zur Wirkung kommen, daß die Entladung eine Rotation um ihre Achse ausführt. Die Annahme einer solchen Drehung wird durch andere Spuren bekräftigt. So zeigt Abb. 3 eine Schmelzung, bei der der Lichtbogen eine fortschreitende Bewegung von rechts nach links ausführte. Die Spur setzt sich aus einer Anzahl Kreisbögen zusammen und erinnert in ihrem Aussehen an die Wirkung eines Stirnfräasers.

Die besondere Form der elektrischen Schmelztropfen beschreibt URBANICKY²⁾ wie folgt: „Man könnte von einem kleinen vulkanischen Kegel inmitten eines Kraters sprechen. Es sieht gerade so aus, als wenn eine von außen wirkende Anziehungskraft die geschmolzene Substanz über die Oberfläche der Halbkugel emporgehoben hätte.“ Von JELLINEK³⁾ wird diese Form der Schmelztropfen mehrmals beschrieben.

²⁾ Die Elektrizität des Himmels und der Erde. Leipzig: Verlag A. Hartleben, 1888.

³⁾ Spurenkunde der Elektrizität. Wien: Verlag F. Deuticke, 1927.

Atlas zur Spurenkunde der Elektrizität. Wien: Springer-Verlag, 1955.

Ob es sich bei der Drehung der elektrischen Entladung, die wiederholt beschrieben wurde, um eine Ablenkung infolge der Inhomogenität des durchschlagenen Mediums, also um eine resultierende Bewegung aus der Geradlinigen und der Ablenkung handelt oder ob andere physikalische Erklärungen dazu herangezogen werden können, soll hier nicht weiter erörtert werden, da dies über den Rahmen einer spurenkundlichen Betrachtung hinausgeht. Die Tatsache einer formgebenden Kraft in der Entladung scheint jedenfalls gegeben.

Die Schmelzungen sind nicht immer über die Oberfläche hervorragende Tropfen, sondern bilden manchmal konzentrische Riefen, die in der Ebene der Oberfläche liegen. Besonders feine Riefungen zeigt die in Abb. 4 dargestellte Schmelzung, die durch Blitz auf dem Eisenblech eines Ofenrohres entstanden ist. Die Spur, von der hier nur ein Ausschnitt wiedergegeben wird, ist kreisförmig und besitzt einen Durchmesser von 3 mm. Im Zentrum der Schmelzung zeigt das Blech auf beiden Seiten Verwölbungen, deren eine eine kraterförmige Vertiefung aufweist. Es scheint so, als ob das in der Mitte verflüssigte Blech durch den Reaktionsdruck des Funkens eine Ausbauchung erfahren hätte.

Es wurde versucht, die Schmelzung auf dem gleichen Blechstück experimentell durch eine rein thermische Wirkung nachzuahmen, und zwar so, daß gegen den Drehungsmittelpunkt des mit 1 500 U/min rotierenden Blechstückes eine feine Stichflamme gerichtet wurde. Dabei entstanden kreisförmige Durchlöcherungen und die Oberfläche wies konzentrische Riefen auf. Es handelte sich aber dabei um keine Schmelzung des Metalles, sondern um Rinnen in der Zunderschicht, nach deren Entfernung sich die Metalloberfläche wieder glatt zeigte.

Neben einer elektrischen Schmelzung können auch Tropfen durch Verspritzen des flüssigen Metalles entstehen. Diese Tropfen weisen keinerlei besondere Form auf und sind von elektrischen Schmelzungen dadurch zu unterscheiden, daß sie nicht aus dem Metall hervorgequollen oder mit diesem verschweißt sind. Eine besondere Erwähnung verdienen hier die Metallspritzer auf Fensterscheiben. Es konnten Spritzer auf den Bruchflächen von Glasscheiben beobachtet werden, die durch Blitzschlag zertrümmert wurden⁴⁾. Die Tatsache des Vor-

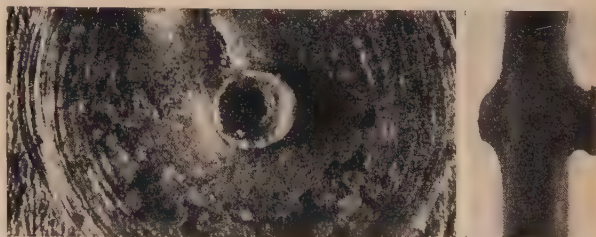


Abb. 4. Schmelzung auf Blech, durch Blitz entstanden

handenseins solcher Spritzer ist kein unbedingter Beweis dafür, daß das Fenster schon vor dem Blitzschlag gebrochen war. Es ist ohne weiteres möglich, daß durch Blitz eine Fensterscheibe bricht, die Bruchteile aber so

⁴⁾ Blitzspuren. Das Versicherungsarchiv, (1938), Nr. 12.

lange in Schwebe bleiben, bis das ebenfalls durch den Blitzschlag geschmolzene und vergaste Metall durch die Bruchspalten dringt und sich dort zum Teil ablageret.

3) Metallisation

Wesentlich größere Bedeutung als den Metallspritzern kommt der elektrischen Metallisation zu. Darunter ist der feine Niederschlag zu verstehen, der sich durch Kondensation des im Lichtbogen oder Funken verdampften bzw. zerstäubten Metalles bildet. Hierbei muß darauf hingewiesen werden, daß es nicht nur die zugeführte Wärme ist, die beim elektrischen Schmelzen der Metalle zur Wirkung kommt, sondern daß hier auch noch mit anderen Kräften gerechnet werden muß, und deshalb wurde auch neben der Bezeichnung „verdampft“ die Bezeichnung „zerstäubt“ gewählt. Es ist bekannt, daß ein durch Elektrizitätsgang erhitzter Körper rascher verdampft als ein Körper, der durch andere Mittel auf die gleiche Temperatur gebracht wurde. Früher nahm man an, daß die Drähte durch den Entladungsschlag mechanisch aufgelockert werden; heute glaubt man, daß die Bewegung der Elektronen im stromdurchflossenen, heißen Körper den der Temperatur entsprechenden Dampfdruck unterstützt und dem Teilchen das Verlassen der Oberfläche erleichtert.

Die Metallisation hat nur in unmittelbarer Nähe der Schmelzung metallisches Aussehen, und es finden sich hier winzige Metalltröpfchen. Im weiteren Umkreis verliert der Niederschlag den Metallcharakter und nimmt die den verschiedenen Oxydationsstufen entsprechenden Farben an. Da das Material äußerst fein verteilt ist, bildet sich mitunter die bei sehr dünnen Schichten bekannte Erscheinung der Newtonschen Farben.

In der Nähe ihrer Ausgangsstelle bildet die Metallisation einen zusammenhängenden Überzug, dann aber löst sie sich in einzelne strahlenförmig oder baumförmig verästelte Linien auf. In manchen Fällen kann eine

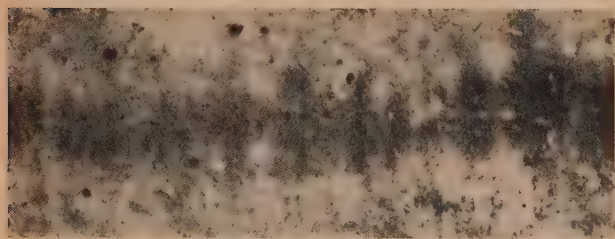


Abb. 5. Metallisation auf der Oberfläche eines Porzellankörpers

Entscheidung schwierig werden, da auch flackernde Flammen, wie brennende Streichhölzer oder Kerzen, ähnlich aussehende Schwärzungen hervorrufen. Hier wird es sich allerdings stets um Verrußung handeln, die sich zum Unterschied von der Metallisation von Mauerwerk u. dgl. leicht abwischen läßt. Von glatten Flächen, etwa von einer Glasscheibe, kann allerdings auch die Metallisation leicht entfernt werden. In zweifelhaften Fällen muß die chemische Untersuchung zur Unterscheidung herangezogen und das Metall nachgewiesen werden.

Werden kleinere Metallmassen von einer kräftigen Entladung getroffen, z. B. ein Leitungsdraht von einer Blitzentladung, kann das Metall vollständig zerstäubt werden. Der Niederschlag erscheint dann, wie bereits erwähnt, an der innersten Stelle meist zusammenhängend. Weiter außen bilden sich niederschlagsfreie, senkrecht zur Längsachse stehende Spalten. TOEPLER beobachtete schon 1898 diese Erscheinung und nahm an, daß sich der Metaldampf vorübergehend in scheiben- oder linsenförmigen Schichten anordnet. Abb. 5 zeigt ein Beispiel aus der Praxis. Im Kurzschluß verdampfte der dünne Kupferdraht, mit dem eine Sicherungspatrone geflickt war. Die Metallisation an der Oberfläche des Porzellankörpers läßt deutlich senkrecht zum Draht liegende, parallele, streifenförmige Schwärzungen erkennen.

Die Metallisation ist auch noch dadurch von praktischer Bedeutung, daß sie die Lage eines Gegenstandes im Moment des elektrischen Ereignisses fixiert, da nur die Stellen, die frei liegen, einen Metallüberzug aufweisen können. Aus der Form des Metallniederschlags auf dem Griff eines Werkzeuges kann man so beispielsweise die Haltung der Hand im Moment des Unfalles genau erkennen.

Da der Funke bzw. Lichtbogen kleine Metallteilchen in seine Bahn reißt und sie mitführt, wird sich bei Entladungen, die sich zwischen zwei verschiedenen Metallen abspielen, auf dem einen Metall ein Niederschlag von dem anderen zeigen. Wenn z. B. zwischen einer eisernen Zange und einem Kupferdraht ein Lichtbogen entsteht, kann man in den meisten Fällen auf den Schmelzungen der Zange einen Kupferüberzug wahrnehmen. Bei Drähten aus Metall-Legierungen können durch die Zerstäubung die Metalle voneinander getrennt werden. Bei Messing lagert sich z. B. das Zink nahe am Draht ab, weiter draußen das Kupfer.

4) Elektrische Korrosion

Als eine besondere Art von Metallveränderung muß auch noch die Korrosion durch elektrischen Strom erwähnt werden. Ein Unterschied zwischen elektrolytisch entstandenen Zerstörungen und „natürlichen“ Korrosionen besteht nicht, da auch diese auf die elektrolytische Wirkung von Lokalelementen zurückzuführen sind. Es muß hier aber auf die Tatsache hingewiesen werden, daß auch durch Wechselstrom nennenswerte Zerstörungen entstehen können. Abgesehen von der Gleichrichterwirkung, die bei verschiedenen Materialien und verschiedenen Arten des Stromüberganges zu beobachten ist, werden durch die Bewegung des Elektrolyten, durch Vorhandensein besonders rascher Kationen oder dadurch, daß der Elektrolyt Komplexe bildende Ionen enthält, mehr oder weniger starke Anfrassungen entstehen. Es lassen sich auch, wie HOHN⁵⁾ zeigen konnte, deutliche Unterschiede in der Art der Korrosionswirkung feststellen. Die Metalloid-Korrosion erzeugt eine raue Oberfläche und beschränkt sich hauptsächlich auf eine die Spitzen und Kanten abrundende Wirkung, während die Komplex-Korrosion einen ganz gleichmäßigen Schaden verursacht.

⁵⁾ Über Wechselstromkorrosion. E und M, 52. Jg. (1934), H. 49.

Messung des Körperwiderstandes und der Körperkapazität
mittels einer Wechselstrombrücke

Von F. KRACMAR, Wien

DK 616-001.22:621.317.08

Wie an anderer Stelle [1] ausgeführt, kann mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die Stromempfindlichkeit des Menschen durch seine vegetative Konstitution, d. h. durch die Erregungslage

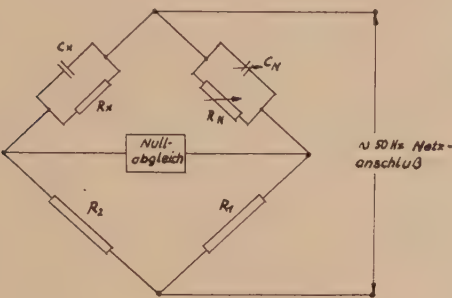


Abb. 1. Prinzipschaltbild der Meßbrücke

seines vegetativen Systems bestimmt wird. Nun wurde bereits früher gezeigt [2], daß die Größe der Polarisationskapazität C der Haut die Erregungslage des sympathikotonen Anteils des vegetativen Systems kennzeichnet, während die Erregungslage des parasympathi-

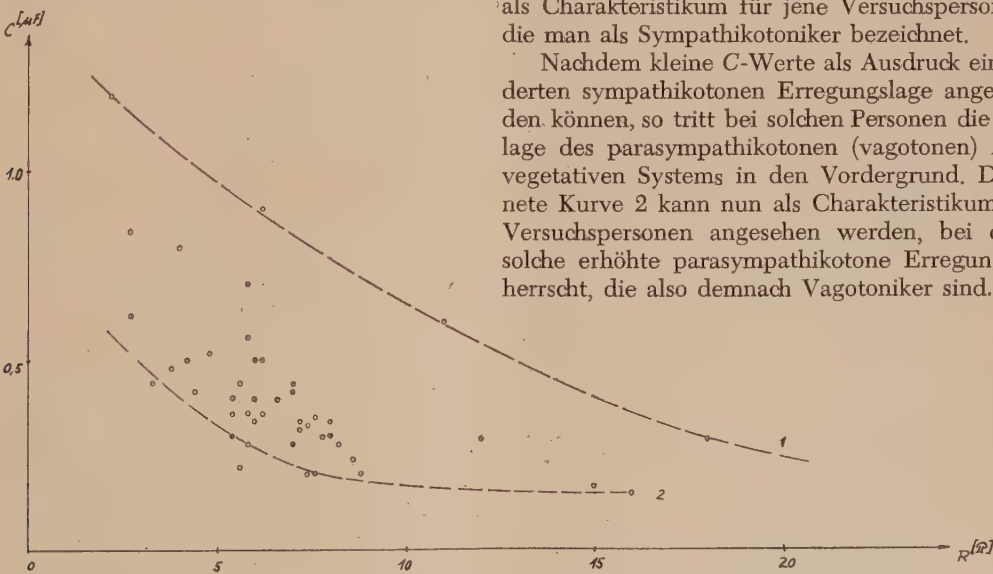


Abb. 2. Verteilung der gemessenen Widerstands- und Kapazitätswerte bei den untersuchten Versuchspersonen

kotonen (vagotonen) Anteils durch die Größe des Polarisationswiderstandes R charakterisiert wird.

Zur experimentellen Stützung dieser angenommenen Korrelation zwischen R und C und der Erregungslage des vegetativen Systems wurden bei 46 Studenten der Fachrichtung Elektrotechnik einer Bundesgewerbeschule mit Hilfe einer Wechselstrombrücke die Größen von R und C ermittelt.

Abb. 1 zeigt das Grundprinzip der Meßbrücke. Die Speisung der Brücke erfolgte aus dem Wechselstrom-

netz ($f = 50 \text{ Hz}$), wobei die Ausgangsspannung der Brücke $3,5 \text{ V}$ betrug. Durch diese niedrige Spannung wurde eine Reizwirkung auf die Versuchsperson vermieden. Die Abstimmmanzeige der Brücke erfolgte mittels eines magischen Auges. Die Zuführung der Meßspannung zur Versuchsperson erfolgte durch zwei zylindrische Messingelektroden (Durchmesser = 20 mm), welche fest in den Händen gehalten wurden.

Die Versuchsperson, deren Widerstand bzw. Kapazität gemessen wurde, saß auf einem Stuhl, wobei ihre Füße durch einen Isolierschemel vom Erdboden getrennt waren, eine Maßnahme, die bereits SCHRUMPF [3] bei seinen Messungen angewendet hat.

Der Abgleich der Brücke erfolgte durch gleichzeitige Änderung von R_n und C_n . Aus den erhaltenen R_n - und C_n -Werten wurden R und C nach von LULLIES [4] angegebenen Formeln berechnet. Die auf diese Weise erhaltenen Werte von R und C sind in Abb. 2 graphisch dargestellt.

Man ersieht, daß die Werte bei den Versuchspersonen sehr stark streuen, so daß sich eine gesetzmäßige Abhängigkeit der Kapazität vom Widerstand schwer erkennen läßt. Da aber angenommen wird, daß hohe C -Werte stets eine erhöhte sympathikotone Erregungslage anzeigen, so kann die gezeichnete Kurve 1 als Charakteristikum für jene Versuchspersonen gelten, die man als Sympathikotoniker bezeichnet.

Nachdem kleine C -Werte als Ausdruck einer verminderten sympathikotonen Erregungslage angesehen werden können, so tritt bei solchen Personen die Erregungslage des parasympathikotonen (vagotonen) Anteils des vegetativen Systems in den Vordergrund. Die gezeichnete Kurve 2 kann nun als Charakteristikum für solche Versuchspersonen angesehen werden, bei denen eine solche erhöhte parasympathikotone Erregungslage vorherrscht, die also demnach Vagotoniker sind.

Schrifttum

[1] KRACMAR, F.: E und M, 78. Jg. (1961), H. 9, S. 327.
[2] KRACMAR, F.: Biophysik und prophylaktische Medizin. Vortrag Weltkongreß f. prophylakt. Medizin, Bad Aussee, Sept. 1960.
[3] SCHRUMPF, A.: Ztschr. klin. Med., 133 Jg. (1938), S. 143.
[4] LULLIES, H.: Abderhalden Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. V; Lieferung 391. Wien: Verlag Urban & Schwarzenberg. 1930.

Sicherheit und Werbung

Von F. KERKOSZEK, Wien

DK 659.1:614.825:621.316.9

Über die Anwendung der Werbung in der Wirtschaft muß man eigentlich nicht mehr viel Worte verlieren, sie ist eine Selbstverständlichkeit geworden. Wie sieht es jedoch mit der Einbeziehung der Sicherheit des Konsumenten in die Werbung aus?

Schon in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts schreibt Prof. Dr. STEPHAN JELLINEK:

„Was schließlich das lebensgefährliche Installationsmaterial und die elektrischen Haushalteinrichtungen anbelangt, wäre es angezeigt, daß, insoweit sich die Volkserziehung in elektrohygienischer Hinsicht nicht durchgesetzt hat, diejenigen, deren wirtschaftliche Interessen damit verknüpft sind, die Elektrizitätswerke, Installationsunternehmen, Versicherungs- und Brandschutzgesellschaften usw., die Lieferung und Ausführung all dieser kleinen Arbeiten in Haus, Landwirtschaft und Werkstatt ebenso regelmäßig überwachen ließen, wie dies z. B. in der Nahrungsmittelindustrie, bezüglich der Dampfkessel usw., der Fall ist.“

Im Jahre 1924, als Jellinek seine warnende Stimme erhob, betrug die gesamte österreichische Stromerzeugung 2 020 GWh, 35 Jahre später, im Jahre 1959, war sie auf den mehr als siebenfachen Wert, nämlich auf 14 791 GWh angestiegen. Die Kopfquote des Verbrauches erhöhte sich im gleichen Zeitraum von 305 auf 1 824 kWh, also auf das Sechsfache.

Obwohl die Entwicklung stets aufwärts strebt, ist nicht abzusehen, wann einmal der Sättigungspunkt erreicht sein wird. So ist in den nächsten 10 Jahren mit einer weiteren Verdoppelung des Strombedarfes zu rechnen. Die immer mehr um sich greifende Anwendung der Elektrizität in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft bringt eine zunehmende Zahl von Laien mit Elektrogeräten und Elektromaterial in Berührung. Wenn auch die Elektrizität die unfall- und auch feuersicherste Energieform ist, die uns zur Zeit zur Verfügung steht, so sind doch sachgemäße Handhabung elektrischer Einrichtungen, fachgemäße Installation sowie die Einhaltung der einschlägigen Sicherheitsvorschriften bei der Herstellung von Geräten und der Errichtung von Anlagen Grundvoraussetzung hierfür.

Lesen wir doch nach, was Jellinek schon in der ersten Auflage seines Buches „Der elektrische Unfall“ im Jahre 1924 darüber ausführte:

„So werden auch im Handel alle möglichen elektrischen Bedarfsartikel vertrieben, die wohl billig, aber nichts weniger als verlässlich sind, manchmal sogar auch lebensgefährlich. Da die Händler nicht immer über ein Mindestmaß von elektrotechnischen Kenntnissen verfügen, da die Bedarfsartikel (z. B. Sicherungen, Schalter, Stecker, Kochapparate usw.) zumeist ohne Herkunftzeichen angefertigt sind, so ist für den Konsumenten eine Orientierung oder gar Kontrolle kaum möglich. So werden z. B. die verschiedensten elektrischen Heißwasserhähne empfohlen, welche direkt an den Wasserleitungshahn anzuschrauben sind; trotzdem solche Apparate von Aufsichtsstellen der Verwaltungsbehörden geprüft und als ungeeignet und gefährlich befunden wurden, werden sie doch weiter verkauft.“

Wohl hat sich in der Zwischenzeit einiges gebessert, wohl treten manche Mißstände nicht mehr in dem krassen Ausmaß auf, in dem sie Jellinek Jahrzehnte hindurch angeprangert hat. Es bleibt jedoch auch heute noch die Möglichkeit, Elektrogeräte auch dann verkaufen zu dürfen, wenn ihre Lebensgefährlichkeit erkannt wurde. Das Fehlen behördlicher Maßnahmen auf diesem Gebiet muß wohl als außergewöhnlicher und schon sehr lange währender Mißstand angesehen werden. Da jedoch nicht nur der Österreichische Verband für Elektrotechnik, der für Sicherheitsmaßnahmen zuständig ist, sondern auch die Elektrizitätsversorgungsunternehmen und die Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft immer wieder darauf hinweisen, daß das Fehlen von einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen in Hinblick auf die Sicherheit der Elektrizitätsanwendung auf die Dauer untragbar ist, darf erwartet werden, daß in absehbarer Zeit behördliche Maßnahmen den Verkauf von Geräten und Materialien, die als gefährlich erkannt wurden, unterbinden. Eine äußerst wichtige Funktion kommt in diesem Zusammenhang der Tätigkeit des Arbeitsinspektorates in den österreichischen Betrieben zu. Dieses kann auf Grund der geltenden gesetzlichen Bestimmungen (z. B. § 27 Allgemeine Dienstnehmerschutzverordnung) vorschreiben, daß mit gefährlichen Mängeln behaftete elektrische Anlagen gemäß den jeweils hierfür geltenden Vorschriften instandgesetzt, also auch gefährliche Elektrogeräte durch sichere ersetzt werden.

Der Österreichische Verband für Elektrotechnik, der schon seit 1888 Sicherheitsvorschriften herausgibt, die Unfallverhütungsdienste der für die Unfallversicherung zuständigen Sozialversicherungsträger und nicht zuletzt die Elektrizitätsversorgungsunternehmen — vereinigt im Verband der Elektrizitätswerke Österreichs — stellen sich immer intensiver in den Dienst der Sache. Wenn die Elektrizitätswerke Österreichs auch keinesfalls die Absicht hegten, behördenähnliche Kontrollfunktionen auszuüben, so erkannten sie doch rechtzeitig, daß es in ihrem ureigensten Interesse liegt, wenn dem Stromabnehmer gute Geräte zur Verfügung stehen und ihm außerdem die Angst vor der immer geheimnisvoll erscheinenden Energieart Elektrizität genommen wird. Daher richteten die Wiener Stadtwerke-Elektrizitätswerke ein physikalisches Laboratorium ein, das sich besonders intensiv mit der Prüfung von Verbrauchsgeräten und Installationsmaterialien befaßte und die interessierten Industriefirmen bei der Entwicklung sicherer Geräte unterstützte und Anfang 1927 auch die ersten registrierten Prüfkarte über diese Tätigkeit anlegte. Bereits in den dreißiger Jahren fungierte das genannte Laboratorium als Prüfstelle des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik und auch des Verbandes der Elektrizitätswerke.

Als in den ersten Jahren nach dem zweiten Weltkrieg der österreichische Markt mit einer Flut von vorschriftswidrigen Elektrogeräten überschwemmt wurde, mußte das Verlangen, die Verbreitung solch gefährlicher Elektrogeräte einzudämmen bzw. zu verhindern, immer größer werden. So wurde im Jahre 1950 erstmalig ein österreichisches Prüfzeichen mit der Kurzbezeichnung

ÖVE — Österreichische Vorschriften für Elektrotechnik — eingeführt. Seit diesem Zeitpunkt sind die an der Schaffung des Prüfzeichens beteiligten Stellen laufend bestrebt, die Öffentlichkeit über die Bedeutung des Prüfzeichens aufzuklären und sie zu dessen Beachtung beim Ankauf von Geräten zu veranlassen.

Vielleicht ist in der Vergangenheit bei der Werbung allzusehr die Leichtigkeit, Bequemlichkeit und Sauberkeit der Elektrizitätsanwendung betont worden und zuwenig der Umstand, daß auch gewisse Gefahren damit verbunden sind. Es wird sich nicht vermeiden lassen, den Verbraucher elektrischer Energie darauf hinzuweisen, daß auch von ihm eine zwar bescheidene aber doch echte Leistung verlangt wird: nämlich elektrische Geräte sachgemäß zu verwenden, zu pflegen und eventuell auftretende Mängel rechtzeitig wahrzunehmen, und deren Reparatur zu veranlassen. Daß ein solches Verlangen in unserer auf Bequemlichkeit und kollektiven Verantwortlichkeit gerichteten Gesellschaft nicht besonders populär ist, bedarf keiner besonderen Erwähnung. Es ist aber hoch an der Zeit, dieses Moment in der Werbung für die Elektrizitätsanwendung weit stärker als bisher zu betonen, soll nicht bei der riesigen Menge und Vielfalt der Geräte und der damit rasch steigenden Elektrizitätsanwendung allmählich eine ausweglose Situation geschaffen werden. In der Landwirtschaft zeichnen sich derartige Erscheinungen ja bereits ab.

Wenn die Forderung nach sachgemäßer Verwendung und Pflege elektrischer Geräte und Anlagen für sich allein vorgebracht wird, dann wird es schwierig sein, sie in der Praxis zu verwirklichen, denn sie stößt auf das bewußte und unbewußte Widerstreben der Konsumenten, denen nun plötzlich — scheinbar ohne Gegengabe — eine zusätzliche Leistung aufgebürdet wird. Es ist deshalb erforderlich, an Forderungen anzuknüpfen, welche als Allgemeingut und im Wertgefühl bereits verankert sind. Das kann nun z. B. der Zusammenhang von Sicherheit und Brauchbarkeit eines Gerätes sein, aber auch das gerade in unserer Zeit zu beobachtende Bestreben, das Beste vom Besten besitzen zu wollen, also der allgemein vorhandene Zug zur Güte und Vervollkommenheit. Es empfiehlt sich auch, bei Hinweisen auf die Unfallgefahr nicht zu sehr die Worte „sicher“, „Sicherheit“, „Sicherheitstechnik“ u. dgl. zu verwenden, weil wie vom Unfallverhütungsdienst der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt angestellte Untersuchungen (Reizwort- und Assoziationstests) ergeben haben, damit nicht der erwünschte Begriff „Unfallsicherheit“, sondern vielmehr die Begriffe der sozialen Sicherheit und allenfalls der Betriebssicherheit im Sinne eines ungestörten und möglichst wartungslosen Betriebes verbunden werden. Auch das Wort „Unfall“ sollte mehr mit den allgemeinen Bestrebungen zur Gesunderhal-

tung verknüpft werden, denn glücklicherweise wird ein Unfall nur selten ein persönliches Erlebnis, öfters dagegen die Gefährdung der Gesundheit. Krank war ja jeder schon einmal, einen Elektrounfall haben aber nur wenige erlitten.

Es besteht heute wohl kein Zweifel mehr über den Wert einer guten Werbung, jedoch sind die Verhältnisse bei der Elektrizität etwas anders als bei den sonstigen zum Verkauf bereitstehenden Waren. Bewirkt doch die Anwendung der elektrischen Energie höchst persönliche Annehmlichkeiten und soziale und zivilisatorische Vorteile, die als Segen empfunden werden. Es werden wohl wenige Wirtschaftszweige eine so vielfältige arbeitserleichternde Auswirkung geltend machen können wie die Elektrizitätswirtschaft, die wohl als eine besonders starke Stütze, ja Voraussetzung unseres hohen Lebensstandards angesehen werden kann. Trotzdem können auch das moderne Elektrizitätsversorgungsunternehmen und in noch höherem Maße die Verkäufer von Elektrogeräten und Installationsmaterialien heute nicht mehr ohne Werbung auskommen. „Wie soll der Käufer wissen, was du Gutes zu verkaufen hast, wenn du es ihm nicht sagst?“ — war ein Wahlspruch Fords, und der Wahrheit dieses Ausspruches kann sich tatsächlich heute niemand mehr verschließen. Wenn Hersteller von Elektrogeräten und Installationsmaterialien ihre Erzeugnisse auf Einhaltung der Sicherheitsvorschriften prüfen lassen, so müßten sie doch auch besonders daran interessiert sein, diese Tatsache auch bekanntzumachen. Nimmt ein Unternehmen schon ein Interesse und zum Wohl und Nutzen des Konsumenten ohne behördliche Vorschriften die Belastung einer Geräteprüfung auf sich, ist es nur recht und billig, dies auch propagandistisch auszunützen. Ist auch die Zahl der Elektrounfälle im Vergleich zu den Opfern auf anderen Gebieten unserer Zivilisation, wie z. B. durch die Verwendung von Leuchtgas, im Straßenverkehr usw., gering, so ist doch mancher Unfall vermeidbar und auf Sorglosigkeit bei der Gerätewahl zurückzuführen. Es ist daher vornehmste Aufgabe aller in der Elektrizitätswirtschaft, insbesondere in der Elektroindustrie damit befaßten, nicht nur allgemein für die immer mehr um sich greifende praktische Verwendung des elektrischen Stromes, sondern besonders für die sichere Elektrizitätsanwendung einzutreten.

Schrifttum

[1] HARTMANN, T.: Die Problematik des Sicherheitsbegriffes in der Unfallverhütungswerbung. Sichere Arbeit, (1959), H. 1.

[2] JELLINEK, S.: Der Elektrische Unfall, Leipzig und Wien: Verlag Franz Deuticke, 1924.

[3] MUELLER, H. F.: Das ABC der Stromwerbung. Berlin: Verlag des VDEW.

Persönliches

Zum 90. Geburtstag von Professor Jellinek

Von F. MARESCH, Wien

DK 615.84.007 : 616-001.21 : 92 Jellinek

Universitätsprofessor Dr. STEPHAN JELLINEK feiert am 29. Mai 1961 seinen 90. Geburtstag.

Dankbaren Herzens will ich als sein Schüler und langjähriger Mitarbeiter diesen Anlaß benützen, um den bisherigen wissenschaftlichen Lebensweg des großen Forschers, Lehrers und Menschen nicht zu würdigen — dazu fühle ich

mich nicht berufen —, wohl aber für seine Freunde, Mitarbeiter und Schüler aufzuzeigen und in Erinnerung zu bringen.

Im Jahre 1899 begann Jellinek, der damals Aspirant an der III. Medizinischen Klinik war, mit seinen elektropathologischen Studien, und zwar untersuchte er den Blut-

druck an Elektrizitätsarbeitern und berichtete darüber in einer 1900 erschienenen wissenschaftlichen Arbeit. 1901 erschien eine zweite Arbeit über „Blitzschlag und elektrische Hochspannung“. Jellinek hatte verschiedene vom Blitz ge-

toten und anderes von elektrischen Unfällen stammendes Material in einer Ecke des Institutsmuseums zu deponieren. Jellinek gab zu dieser Zeit die ersten Hinweise zur Rettung elektrisch Verunglückter. Als besonders notwendig be-

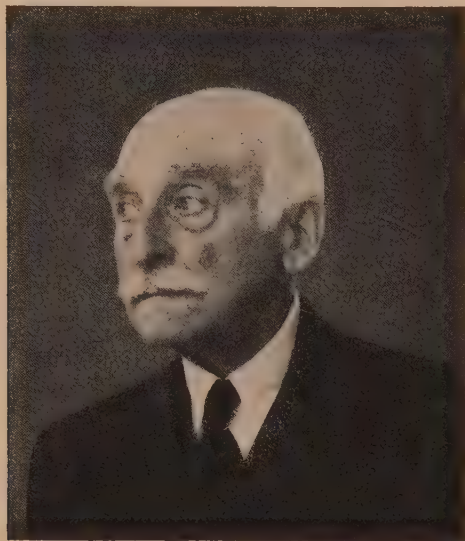


Abb. 1. Prof. Dr. St. Jellinek

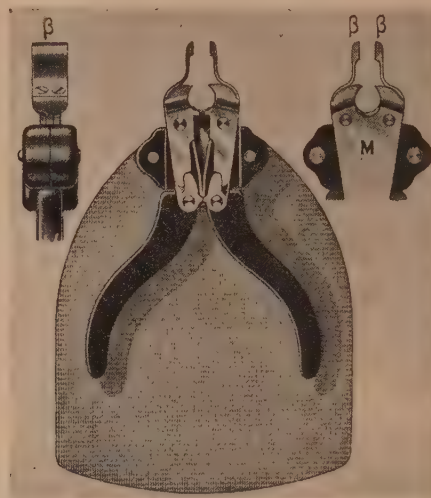


Abb. 2. Isolierzange mit federnder Klemme zum Festhalten des abgezwickten Drahtendes

troffene Menschen, Tiere und Objekte untersucht und die ersten Stücke für seine Sammlung erworben. Er hatte auch bereits einen Rettungsbehelf konstruiert, und zwar eine Isolierzange.

zeichnete er, daß die Techniker, die fast ausnahmslos die Erste Hilfe leisten, über den jeweiligen Stand dieser wichtigen Fragen orientiert bleiben. „Nur durch das einträgliche Vorgehen der Techniker und der Ärzte kann dieses



Abb. 3. Die elektropathologische Sammlung auf der Hygieneausstellung 1906

1903 kam Jellinek als Abteilungsassistent in das Wiener Krankenhaus, wo er bis 1909 blieb. Er hatte bereits Kontakt mit dem Institut für gerichtliche Medizin, dessen Vorstand, Prof. KOLISKO, gestattete, die Kleider von Blitz-

Grenzgebiet der Medizin und der Elektrotechnik mit seinen schwierigen Problemen erfolgreich bearbeitet werden.“

Das Jahr 1905 ist durch ein Referat auf der 77. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Meran für

die Wiener Schule der Elektropathologie von besonderer Bedeutung. Beobachtungen der Unfallpraxis und Ergebnisse der Tierversuche lehren, so führte Jellinek dort aus, daß der Tod durch Elektrizität in den meisten Fällen nur ein Scheintod ist, der mangels kunstgerechter und zeitgemäßer Hilfeleistung rasch in den wirklichen Tod übergeht.

Die elektropathologische Sammlung war auf 65 Objekte angewachsen und wurde im Mai 1906 erstmalig bei der Hygiene-Ausstellung in Wien öffentlich zur Schau gebracht. Sie machte dort solchen Eindruck, daß wenige Tage darauf im Abgeordnetenhaus von 20 Abgeordneten eine Interpellation an den Unterrichtsminister und den Minister des Inneren gerichtet wurde. Die Anfrage lautete: „Ist die k. k. Regierung geneigt, dieser österreichischen Spezialität die entsprechende Aufmerksamkeit zuzuwenden und die nötigen Mittel zur Schaffung eines Institutes für Elektro-Pathologie in das nächste Budget einzustellen?“

1907 wurde die Sammlung, die neben Unfallobjekten bereits Moulagen und Aquarelle umfaßte, anlässlich des XIV. Internationalen Kongresses für Hygiene in Berlin und 1908 anlässlich des 1. Internationalen Kongresses für Rettungswesen in Frankfurt/Main gezeigt. 1911 war die Sammlung auf der Weltausstellung für Hygiene in Dresden. Am Eröffnungstag wurde auch der erste Film über den elektrischen Unfall vorgeführt. Jellinek hatte ihn in Wien in den Räumen des Gewerbeförderungsamtes und in den Siemens-Schuckert-Werken gedreht.

Bei all den internationalen Kongressen und wissenschaftlichen Veranstaltungen trat Jellinek dafür ein, elektropathologische Krankenstationen zu errichten, wo die Verunglückten nach allen Regeln der Kunst behandelt werden können, einen Elektro-Rettungsdienst zu organisieren, Rettungswerkzeuge und Rettungstechnik zu verbessern, volks-erzieherisch, bei der Schuljugend beginnend, auf die Gefahren der Elektrizität hinzuweisen und die Berufseignungsprüfungen in dieser Richtung zu orientieren. Eine internationale Kommission sollte sich mit der Ausarbeitung elektrohygienischer Normen befassen. Als Ausgangspunkt dieser Aktionen sollte eine systematische, nach bestimmten Gesichtspunkten zu bearbeitende Statistik der elektrischen Unfälle dienen. Für die Untersuchung und Bearbeitung der Unfälle schien Jellinek ein umfassender Fragebogen unerlässlich.

1909 wurden die ersten praktischen Unterrichtskurse für die Arbeiter des Wiener Elektrizitätswerkes eingeführt. Derselbe Unterricht, in theoretischer Hinsicht erweitert, wurde 1911 im Gewerbeförderungsamt (für die Elektromeister) und im Technologischen Gewerbemuseum regelmäßig abgehalten. Auch die Direktion der Arbeiter-Versicherungsanstalt ließ solche Kurse durchführen. Eine Sammlung von für diese Schulungen geeigneten Bildern wurde in dem 1909 erschienenen „Atlas der Elektro-Pathologie“ herausgegeben.

1909 wurde Jellinek Privatdozent für interne Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Elektropathologie, und mit Erlaß des Ministeriums für Kultus und Unterricht für die Instandhaltung des „Museums für Elektropathologie“ bestellt. 1914 rückte er als Chefarzt der 4. Abteilung in das Garnisonsspital Nr. 2 ein.

Der erste Weltkrieg brachte der Elektropathologie eine neue Aufgabe durch die elektrischen Hindernisse. Als man daranging, die wissenschaftlichen Grundlagen dieser neuen Waffe zu untersuchen, wurde Univ.-Doz. Dr. Jellinek der 8. Abteilung des Kriegsministeriums als Stabsarzt zugeteilt und damit betraut, anschließend an die Elektroschule am Rosenhügel ein elektrophysiologisches Laboratorium einzurichten. Gleichzeitig wurden aber auch die Mannschaften der Elektro-Formationen instruiert, wie sie sich im Falle eines elektrischen Unfalles zu verhalten hätten und von Jellinek ein „Rettungstormister für elektrische Unfälle“ entwickelt.

Verschiedene Frontreisen benützte Jellinek, um Objekte für das Museum zu sammeln und von Kriegsmalern Bilder anfertigen zu lassen. Ein Teil dieser Sammlung geriet nach dem Zusammenbruch in Verlust, ein Teil ist heute noch im Elektropathologischen Museum zu sehen.

Nach dem Krieg wurde durch das Ministerium für soziale Verwaltung im ehemaligen Garnisonsspital eine elektropathologische Station zur Untersuchung und Behandlung elektrisch Verunglückter eingerichtet.

Im Jänner 1919 veranstaltete Jellinek eine Ausstellung „Elektro-Hygiene in Beziehung zu Industrie und Gewerbe“ im niederösterreichischen Gewerbeverein, der die Errichtung einer elektrohygienischen Versuchs- und Lehranstalt



Abb. 4. Arbeitsplatz Prof. Jellineks und seines Mitarbeiters im Jahre 1925

plante. Doz. Dr. Jellinek war damals Assistent am Institut für Gerichtliche Medizin. Als dieses Institut, das Professor HABERDA leitete, 1922 in das Gebäude der ehemaligen Militärprosektur in der Sensengasse übersiedelte, wurden dort dem Elektropathologischen Museum sechs Räume zur Verfügung gestellt.

Die Elektropathologie hatte mittlerweile eine wissenschaftliche Erweiterung erfahren. Ausgehend von der Strommarke, versuchte Jellinek eine Deutung der Elektrizitätsspuren, indem er sie ihrer Form nach zergliederte und einem vergleichenden Studium unterwarf. Das Ergebnis war die Erkenntnis, daß gewissen, durch Elektrizität erzeugten Spuren eine besondere Charakteristik zuerkannt werden muß, und daß es möglich ist, aus solchen Spuren die Elektrizitätswirkung zu dechiffrieren. Eine Darstellung dieser „Elektro-Physiographik“ erschien 1927 in dem Buch „Spurenkunde der Elektrizität“.

1928 wurde eine Lehrkanzel für Elektropathologie an der Wiener Universität errichtet und damit der erste Schritt

getan, einen selbständigen Zweig der Wissenschaften entstehen zu lassen. Professor Jellinek bekam gleichzeitig einen Lehrauftrag für die Wiener Technische Hochschule. In der Antrittsvorlesung gab er einen Überblick über die Ergebnisse seiner langjährigen Arbeiten. Er sprach von der elektropathologischen Konstellation, von den elektrischen Verletzungen und vom Tod durch Elektrizität. Hier konnte er auf seine eben abgeschlossenen Versuche an Affen verweisen, bei denen sich, im Gegensatz zu anderen Tieren, das durch Einwirkung von Elektrizität entstandene Herzkammerflimmern spontan zurückbildete.

spende für die Wissenschaft“ hat damals großes Aufsehen erregt, und der Rektor konnte der Abordnung des Betriebsrates mit Recht erklären, daß es in der Geschichte der Universität der erste Fall sei, in dem die Arbeiterschaft aus sich heraus einem wissenschaftlichen Institut solcherart ihre Anerkennung zolle.

Im Jahre 1932 erfolgte von der Französischen Akademie der Wissenschaften die Anerkennung der Wiener Arbeiten durch die Verleihung des Prix Barbier.

In der Plenarsitzung des 4. Internationalen Rettungskongresses in Kopenhagen im Jahre 1934 demonstrierte



Abb. 5. Teilansicht des Elektropathologischen Museums, 1936

1928 befaßte sich auch der 5. Internationale Kongreß für Unfallmedizin und Berufskrankheiten in Budapest mit der Elektropathologie und überreichte dem Internationalen Arbeitsamt eine Resolution. In ihr wandten sich die Mitglieder des Kongresses an die Regierungen aller Länder und baten, dafür einzutreten, daß der Unterricht und die praktische Ausbildung in der Behandlung wie auch in der Verhütung elektrischer Unfälle an Universitäten und Technischen Hochschulen entsprechend ausgestaltet werde. Die Elektropathologie, so heißt es in der Resolution, bietet eine Unzahl von Forschungsproblemen, die von höchstem praktischem Wert sind und die nur von Ärzten und Ingenieuren gelöst werden können, welche genügend Einblick gewonnen haben in das auf ein weites Grenzgebiet sich erstreckende Arbeitsfeld der Elektropathologie und Elektrohygiene. Zum Schluß wird festgestellt: „Als vorbildliche Institution darf wohl das Elektropathologische Institut in Wien und die seit 1928 geschaffene Lehrkanzel für Elektropathologie angesehen werden.“

Im Jahre 1930 — es war mittlerweile ein Plan zur Errichtung eines Institutes durch die Gemeinde Wien gescheitert und ein schwedischer Mäzen vorzeitig gestorben — leiteten die Arbeiter des Wiener Elektrizitätswerkes unter sich eine Sammlung ein, als deren Ergebnis sie dem Rektor der Universität S 1000,— als Grundstein für ein elektropathologisches Institut übergeben konnten. Diese „Arbeiter-

Jellinek eine von ihm entwickelte neue Methode der künstlichen Atmung.

1936 wurden dem Elektropathologischen Museum, dessen Objekte mittlerweile auf mehr als 4 000 angewachsen waren, durch das Sozialministerium im Allgemeinen Krankenhaus eigene Räume zur Verfügung gestellt. Am 29. Oktober 1936 fand die Eröffnung durch Bundespräsident Dr. MIKLAS statt. Professor Jellinek gab einen Überblick über die Entwicklung des Institutes und wies nach, daß die Elektropathologie ihre Selbständigkeit als schaffende und gleichberechtigte Disziplin bewiesen habe.

Der Ausbau des Museums wurde durch den seinerzeit von den Arbeitern des Elektrizitätswerkes gegründeten Baufonds ermöglicht. Große Förderung erhielt der Plan auch durch den Minister für soziale Verwaltung Dr. RESCH, der als Direktor der Arbeiter-Unfallversicherungsanstalt namhafte Geldmittel zur Verfügung stellte.

1939 mußte Prof. Jellinek Wien verlassen und fand vorübergehend eine neue Arbeitsstätte in Oxford am Queen's College.

Das Elektropathologische Museum hatte die Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse einigermaßen gut überstanden, mußte aber 1946 in andere Räume übersiedeln. Es tauchte wieder der Plan zur Schaffung eines Instituts für Elektroschutz, diesmal unter Beteiligung der Allgemeinen Unfall-

versicherungsanstalt, auf. Das Unterrichtsministerium stand der Schaffung eines Institutes wohlwollend gegenüber. Die Währungsreform 1947 hätte fast alle schon weit vorgetriebenen Arbeiten zunichte gemacht, es kam aber schließlich mit Unterstützung der Elektrizitätswerke doch noch zu einer zweckmäßigen Umgestaltung der dem Museum im alten Garnisonsspital zugewiesenen Räume. Hier nahm Professor Jellinek seine Arbeit wieder auf und wirkt als Gastprofessor

an der Wiener Universität und an der Wiener Technischen Hochschule. Eine ganze Reihe seit 1945 erschienener wissenschaftlicher Arbeiten gibt Zeugnis von seiner ungebrochenen Arbeitsfreude und Arbeitskraft.

An seinem neunzigsten Geburtstag kann Professor Dr. Jellinek auf 60 Jahre elektropathologische Forschungsarbeit zurückblicken — auf 60 Jahre Forschungsarbeit zum Schutze und zum Wohle der Menschen.

Zentralstatistik elektrischer Unfälle für das Jahr 1959

Mitgeteilt vom Bundesministerium für Handel und Wiederaufbau

DK 313.1 : 614.825. (436) „1959“

1) Unfälle durch Elektrizität

Die in Klammer stehenden Zahlen bedeuten den Anteil der tödlich Verunglückten

1,01) Gesamtzahl der erfaßten Unfälle durch elektrischen Strom
(Zum Vergleich sind die Zahlen für 1957 und 1958 angegeben)

1959	422 (69)
1958	351 (68)
1957	474 (54)

1,02) Berufsarten

Elektrofachkundige	1957	1958	1959
Elektroingenieure und Betriebsleiter	4 (0)	3 (0)	5 (1)
Elektromeister	5 (0)	5 (2)	3 (0)
Obermonteure	4 (1)	1 (1)	1 (0)
Monteure	128 (9)	110 (12)	114 (9)
Hilfsmonteure (angelernte Arbeiter)	14 (1)	11 (3)	9 (3)
Lehrlinge des Elektrowerbes	14 (0)	4 (2)	13 (1)
Maschinen- und Schaltwärter	2 (0)	8 (1)	4 (2)
Zusammen „Elektrofachkundige“	171 (11)	142 (21)	149 (16)

Nicht elektrofachkundige

Land- und Forstwirte	42 (9)	31 (12)	39 (17)
Im Haushalt und Büro			
Tätige	21 (2)	21 (13)	24 (9)
Bauarbeiter	51 (10)	20 (2)	57 (11)
Arbeitskräfte aus Industrie und Gewerbe	168 (17)	121 (14)	146 (14)
Sonstige elektrotechnische Laien	21 (5)	16 (6)	7 (2)
Unbekannt	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Zusammen „Laien“	303 (43)	209 (47)	273 (53)

Gesamtsumme „Elektrofachkundige“ und „Laien“

474 (54) 351 (68) 422 (69)

1,03) Betriebsklassen

Land- und Forstwirtschaft	51 (13)	42 (19)	44 (20)
Bergbau	31 (4)	11 (2)	16 (4)
Elektrizitätsversorgung	57 (3)	53 (7)	54 (8)
Bauwesen	61 (12)	36 (3)	61 (7)
Sonstige Industriebetriebe	191 (9)	134 (14)	173 (14)
Chemische Produktion	3 (0)	2 (0)	6 (0)
Hotel-, Gast- und Schankbetriebe	2 (0)	3 (0)	2 (0)
Handel	6 (0)	4 (1)	7 (0)
Verkehr	14 (5)	18 (4)	16 (2)
Reinigungswesen	3 (1)	1 (0)	2 (0)
Körperpflege, Gesundheits- und Fürsorgewesen	8 (0)	3 (0)	6 (0)
Bürobetriebe	9 (0)	4 (1)	4 (0)
Unterricht, Bildung, Unterhaltung	2 (0)	6 (1)	1 (0)
Haushalt	36 (7)	34 (16)	30 (14)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,04) Unfallstelle

Erzeugung	1957	1958	1959
Generator, Umformer und Phasenschieber	2 (0)	0 (0)	0 (0)
Transformator	2 (0)	4 (0)	0 (0)
Gleichrichter, Wechselrichter	1 (0)	0 (0)	0 (0)
Akkubatterie	4 (0)	3 (0)	4 (0)
Schaltanlage	0 (0)	0 (0)	1 (1)

Verteilung (ab Elektrizitätswerk bis Hausanschluß)

Blanke Freileitung	69 (11)	46 (14)	60 (17)
Sonstige blanke Leitung	17 (8)	15 (7)	10 (5)
Erdkabel	12 (1)	4 (0)	3 (0)
Sonstige isolierte Leitung	1 (0)	0 (0)	3 (0)
Leistungsschalter	6 (2)	11 (3)	4 (0)
Trennschalter	8 (0)	11 (2)	12 (1)
Sicherung	1 (0)	1 (0)	2 (1)
Sonstige Verteilanlage	14 (1)	8 (4)	17 (6)

Verbrauch

Elektromaschine	29 (4)	17 (1)	20 (4)
Elektrowerkzeug	45 (4)	24 (2)	34 (8)
Ortsfeste elektrische			
Beleuchtung	6 (1)	6 (0)	15 (0)
Ortsveränderliche elektrische Beleuchtung	29 (7)	22 (8)	19 (6)
Prüflampe, Spannungssucher	8 (0)	9 (1)	0 (0)
Elektrisches Wärmegerät	15 (0)	6 (1)	19 (4)
Schalter	38 (0)	31 (2)	20 (2)
Sicherung	18 (0)	12 (0)	14 (1)
Steckvorrichtung	43 (4)	38 (9)	46 (6)
Kranchleifleitung	2 (0)	9 (2)	4 (0)
Ortsfeste isolierte Leitung	24 (0)	16 (2)	21 (1)
Ortsbewegliche isolierte Leitung	27 (4)	29 (9)	36 (3)
Elektrofahrrad	5 (0)	1 (0)	9 (0)
Elektromedizinisches Gerät	4 (2)	1 (0)	1 (1)
Fernsprechanlage, Radio	2 (1)	2 (0)	2 (1)
Schweißanlage	5 (1)	2 (0)	3 (0)
Weidezaun	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Prüffeldeinrichtung	6 (1)	4 (1)	3 (0)
Sonstige Installation	30 (1)	19 (0)	40 (1)
Gesamtsumme	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,05) Unfallursache

Nicht ausgeschaltet, nicht spannungslos gemacht	85 (12)	67 (16)	75 (14)
Nicht gesichert gegen Einschalten	1 (0)	4 (0)	2 (0)
Nicht auf Spannungslosigkeit geprüft, Verständigung nicht abgewartet	6 (1)	9 (2)	4 (0)
Nicht gegen Auftreten von Spannung gesichert	3 (1)	1 (0)	1 (1)
Spannungsführende Teile bzw. nicht geerdete Teile nicht abgedeckt	8 (0)	3 (0)	6 (2)

Spannungsführende Teile mit nichtspannungsfüh- renden Teilen verwech- selt	1957	1958	1959
Körperschluß	5 (0)	3 (0)	1 (1)
Mangelhafte Isolation	98 (14)	70 (12)	88 (19)
Sonstige Mängel der Anlage (Lichtbogen beim Ein- setzen von Patronen usw.)	30 (3)	32 (10)	35 (4)
Unvorschriftsmäßige Geräte (Radioapparate, Handlampen u. dgl.) ...	5 (0)	1 (0)	2 (0)
Mangelhafte Werkzeuge (ohne Gummihand- schuhe gearbeitet)	13 (6)	11 (6)	4 (1)
Kurzschluß, erzeugt mit Werkzeug, Schrauben usw.	3 (0)	0 (0)	1 (1)
Rettungsversuch	74 (1)	41 (0)	62 (1)
Schrittspannung	8 (0)	5 (1)	8 (2)
Brandbekämpfung	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Seilzüge	2 (0)	0 (0)	0 (0)
Absichtlich herbeigeführte Unfälle	1 (1)	0 (0)	2 (2)
Offene Lampenfassungen, Sicherungen	1 (0)	3 (1)	3 (3)
Überschläge (nicht auf den Verletzten, Schaltlicht- bogen, ohne Stromdurch- gang)	0 (0)	1 (1)	4 (1)
Leitungsrisse, herabhän- gende Drähte	10 (0)	6 (0)	15 (0)
Gedankenlosigkeit, Hast ..	7 (0)	3 (1)	15 (4)
Drachensteigenlassen von Kindern	43 (5)	18 (6)	27 (7)
Stromfallen (Weidezäune) ..	0 (0)	2 (0)	2 (1)
Elektrofischen	2 (2)	0 (0)	1 (0)
Besondere Fälle	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Verschiedenes	34 (6)	3 (1)	1 (0)
Unbekannt	35 (2)	21 (5)	63 (5)
Unbekannt	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,06) Höhe der Spannung

Hochspannung über 100 kV (Höchstspannung)	9 (0)	2 (1)	2 (1)
Hochspannung von 1 bis 100 kV	61 (17)	49 (14)	48 (17)
Mittelspannung über 250 V gegen Erde bis 1 kV (1 kV ausschließlich)	37 (0)	21 (2)	32 (0)
Niederspannung über 42 V bis 250 V gegen Erde	361 (37)	275 (51)	326 (39)
Niederspannung bis 42 V (Kleinspannung)	6 (0)	4 (0)	14 (2)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,07) Stromart

Gleichstrom	29 (1)	18 (1)	26 (2)
Wechselstrom	19 (7)	12 (7)	11 (5)
Drehstrom	422 (46)	317 (60)	384 (62)
Verschiedene Spannungen (statische Elektrizität, Induktion, Hoch- frequenz)	4 (0)	4 (0)	1 (0)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,08) Art der Verletzung

Keine Verletzung	21 (0)	13 (0)	16 (0)
Strommarke	62 (11)	58 (20)	48 (13)
Verbrennung	174 (8)	125 (12)	142 (9)
Blendung	10 (0)	7 (0)	6 (0)
Schock	114 (28)	68 (24)	115 (33)
Mechanische Verletzung ..	39 (1)	30 (4)	34 (0)
Metallisation	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Mehrere Verletzungsarten ..	51 (6)	47 (7)	58 (14)
Sonstige Verletzung	2 (0)	3 (1)	1 (0)
Unbekannt ob verletzt ..	1 (0)	0 (0)	2 (0)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,09) Art der Unfälle

Arbeitsunfälle	417 (40)	304 (46)	376 (47)
Wegunfälle	13 (5)	5 (2)	8 (2)
Privatunfälle	43 (9)	42 (20)	35 (17)
Absichtlich herbeigeführte Unfälle	1 (0)	0 (0)	3 (3)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,10) Stromdurchgang

Mit Stromdurchgang	367 (53)	288 (68)	330 (66)
Ohne Stromdurchgang	107 (1)	63 (0)	92 (3)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,11) Geschlecht der Verletzten

Männlich	417 (46)	313 (58)	372 (61)
Weiblich	57 (8)	38 (10)	50 (8)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,12) Unfallsort

Unter Dach (Innenraum) ..	265 (16)	200 (28)	255 (29)
Im Freien	181 (38)	138 (37)	165 (40)
Unbekannt wo	28 (0)	13 (3)	2 (0)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,13) Monat

Jänner	29 (2)	20 (2)	18 (1)
Februar	31 (2)	25 (3)	17 (2)
März	34 (2)	28 (2)	35 (4)
April	41 (4)	21 (1)	25 (6)
Mai	32 (5)	49 (6)	22 (6)
Juni	48 (9)	35 (5)	58 (11)
Juli	65 (8)	51 (15)	65 (10)
August	53 (6)	44 (13)	52 (7)
September	47 (9)	19 (4)	34 (8)
Oktober	40 (6)	19 (9)	44 (5)
November	25 (1)	25 (7)	26 (3)
Dezember	29 (0)	15 (1)	26 (6)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

1,14) Bundesland

Wien	104 (7)	74 (2)	106 (10)
Niederösterreich	76 (9)	78 (17)	88 (14)
Burgenland	7 (2)	7 (2)	7 (3)
Steiermark	103 (11)	46 (13)	53 (12)
Kärnten	33 (7)	35 (10)	17 (5)
Oberösterreich	89 (11)	56 (9)	81 (8)
Salzburg	23 (2)	22 (5)	31 (7)
Tirol	35 (4)	23 (4)	33 (8)
Vorarlberg	4 (1)	10 (6)	6 (2)
Summe	474 (54)	351 (68)	422 (69)

2) Blitzenfälle**2,1) Gesamtzahl der Blitzenfälle**

1959	59 (19)
1958	16 (2)
1957	19 (6)

2,2) Berufsgruppen

	1957	1958	1959
Land- und Forstwirtschaft ..	16 (5)	15 (1)	43 (16)
Kinder	0 (0)	1 (1)	5 (1)
Sonstige	3 (1)	0 (0)	11 (2)
Summe	19 (6)	16 (2)	59 (19)

2,3) Unfallstelle	1957	1958	1959
Im Freien unter Bäumen u. dgl.	8 (2)	4 (0)	14 (7)
Im Freien ohne besondere Anziehungsobjekte	5 (2)	6 (1)	20 (10)
In Gebäuden	6 (2)	6 (1)	25 (2)
Summe	19 (6)	16 (2)	59 (19)
2,4) Art der Verletzung			
Keine Verletzung	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Strommarke	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Verbrennung	5 (1)	4 (0)	14 (2)
Schock	11 (4)	11 (2)	34 (12)
Mehrere Verletzungsarten ..	1 (0)	1 (0)	8 (5)
Sonstige Verletzung	2 (1)	0 (0)	3 (0)
Summe	19 (6)	16 (2)	59 (19)
2,5) Stromdurchgang			
Ohne Stromdurchgang ...	16 (6)	2 (0)	20 (1)
Mit Stromdurchgang	3 (0)	14 (2)	39 (18)
Summe	19 (6)	16 (2)	59 (19)

2,6) Bundesland	1957	1958	1959
Wien	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Niederösterreich	4 (1)	0 (0)	10 (6)
Burgenland	4 (1)	1 (0)	5 (3)
Steiermark	5 (2)	6 (0)	16 (5)
Kärnten	3 (0)	7 (2)	11 (3)
Oberösterreich	2 (1)	0 (0)	9 (0)
Salzburg	1 (1)	0 (0)	1 (0)
Tirol	0 (0)	2 (0)	5 (1)
Vorarlberg	0 (0)	0 (0)	2 (1)
Summe	19 (6)	16 (2)	59 (19)
2,7) Monat			
April	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Mai	0 (0)	2 (0)	6 (0)
Juni	10 (2)	1 (0)	23 (0)
Juli	6 (2)	2 (1)	17 (4)
August	2 (2)	6 (0)	13 (5)
September	1 (0)	5 (1)	0 (0)
Summe	19 (6)	16 (2)	59 (19)

Rundschau

Versuchsanstalten

DK 621.311 : 621.317.2 : 061.66

Elektrotechnische Versuchsanstalten für Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Von L. BAUER, Wien.

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen tragen, wie oft hervorgehoben wird, durch ihre ständig steigenden Anforderungen an die Ausrüstung ihrer Anlagen beachtlich zum technischen Fortschritt, besonders in der Elektrotechnik, bei. Hingegen wird die Leistung der in ihnen tätigen Ingenieure zu wenig beachtet, vermutlich deshalb, weil sie zwar oft neue Entwicklungen anregen und vorschlagen, aber vielfach die endgültige Ausführung den Herstellern überlassen müssen.

Der stark steigende Verbrauch an elektrischer Energie zwingt die österreichischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen zu technischen Höchstleistungen, die allerdings nur zum Teil der Öffentlichkeit bekannt werden. Von jenen auf elektrotechnischem Gebiet sollen folgende aus jüngster Zeit erwähnt werden: Entwicklung einer neuen Kabelbauart für Verlegung in Druckstollen, erstmalige Anwendung von großen Asynchronmotoren für Pumpzwecke, Bau eines eigenen Netzmodells, Entwicklung einer Versuchseinrichtung zur Nachbildung der Regelvorgänge, Erprobung von Sendeanlagen für Rundsteuerungen im 5- und 30-kV-Netz, Studien und Versuche mit der starren Erdung bei 220 kV, Anwendung neuartiger Kurzschluß-Fortschaltteeinrichtungen, Entwicklung eines neuen Dreieckableiters zum Schutz gegen Überspannungen, Einführung gewichtsparender Konstruktionen für Freileitungsmaste, Entwicklung eines Fehlerortgerätes für Hochspannungsleitungen, mit dem Fehlerstellen vom Umspannwerk bis auf 360 km Entfernung auf einige hundert Meter genau gemessen werden, Versuche mit Trägerfrequenz-Hochspannungsübertragung im 220-kV-Netz zur Auslösung von Leitungs-Distanzschutzeinrichtungen. Im Rahmen des europäischen Verbundbetriebes wurden Großversuche mit Abschaltung von Maschinen und Verbrauchergruppen durchgeführt, bei denen in allen Teilen des europäischen Netzes zahlreiche Messungen vorgenommen und ausgewertet wurden. In der Deutschen Bundesrepublik wurde eine Versuchsstrecke für Übertragung mit 400 kV errichtet und in Schweden eine solche für 110 kV Gleichstrom.

Diese Beispiele zeigen, wie wichtig es ist, den Ingenieuren der Elektrizitätswerke Möglichkeiten zur Durchführung von Studien und Versuchen zur Verfügung zu stellen. Es ist unerlässlich, Berechnungen auf verlässlichen Meßwerten aufzubauen und neue Konstruktionen zunächst an Probeausführungen auf ihre Verwendungsfähigkeit zu prüfen. Derartige Untersuchungen können jedoch nur selten im Netz ohne Störungen desselben vorgenommen werden, so daß Versuchs- und Prüffelder mit den entsprechenden, hohen Spannungen, Stromstärken und Leistungen erforderlich sind. Die Ausrüstung derartiger Anlagen ist aber so vielgestaltig geworden, daß es kaum mehr möglich ist, daß die einzelnen Unternehmen solche einrichten; ähnlich ist es mit dem notwendigen Personal.

In manchen europäischen Ländern wurden schon vor längerer Zeit elektrotechnische Versuchsanstalten durch die Elektrizitätswerke errichtet, um die einschlägige industrielle Entwicklung zu fördern und zu erproben. Einige von ihnen sind zu riesigen Anlagen geworden, wie z. B. das „Centre de recherches et d'essais“ der „Electricité de France“ (EdF) in Paris-Fontenay, die „N. V. tot Keuring van electrotechnische Materialen“ (KEMA) der niederländischen Elektrizitätswerke in Arnheim oder die „Centro elettrotecnico sperimentale italiano“ (CESI), eine von 28 Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Industriefirmen mit einem Kostenaufwand von 2,5 Milliarden Lire in Mailand errichtete Forschungsstätte, die 1959 in Betrieb ging. Diese ausländischen elektrotechnischen Versuchsanstalten befassen sich mit der gesamten Starkstromtechnik, aber auch mit Fernmeldewesen, Hochfrequenztechnik, Physik, Chemie und Technologie. Durch ihre vorzügliche Ausrüstung sind sie in der Lage, Untersuchungen und Prüfungen bis zu den höchsten Spannungen und größten Kurzschlußleistungen durchzuführen. Es steht ihnen auch Gelände für Versuche an Freileitungen, Kabeln und Umspann-Stationen zur Verfügung.

Die Tätigkeit der Versuchsanstalten hat in ihren Ländern zu einer fruchtbringenden Zusammenarbeit zwischen Elektrizitätswerken, Industrie und Verbrauchern geführt, so daß ihnen auch staatlicherseits die Vorschriften und Normen, das elektrotechnische Eich- und Prüfwesen sowie die Förderung von Entwicklung und Forschung übertragen wurden. Diese Zusammenfassung ist sehr nützlich, weil dadurch die Arbeiten der Studien- und Planungsabteilungen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen durch Versuche überprüft und die

Entwicklung der Ausrüstung für den Elektrizitätswerksbetrieb nach den tatsächlichen Erfordernissen veranlaßt wird. Auch die Betriebssicherheit und die Wirtschaftlichkeit werden durch die Erprobungen und Prüfungen erhöht und Fortschritte erzielt.

Auch unsere Elektrizitätsversorgungsunternehmen müssen bestrebt sein, ihren Stand dem der führenden Länder laufend anzupassen und alle Ausbaumöglichkeiten auszunützen. Sie haben daher, als nach dem Zweiten Weltkrieg die Elektrotechnische Versuchsanstalt Arsenal (ETVA) errichtet wurde, verschiedene Apparate beigesteuert. In der letzten Zeit ist der Ausbau dieser Anlage wieder aufgenommen worden und es stehen schon beachtliche Möglichkeiten für Versuche und Erprobungen zur Verfügung.

Im Wiener Arsenal wurde der Anstalt eine Gebäudegruppe eingeräumt, die der Schaltstation Arsenal der Wiener Elektrizitätswerke und dem dortigen Heizkraftwerk benachbart ist, so daß eine leistungsstarke Stromversorgung mit 5 kV und 30 kV vorhanden ist. Es besteht ferner auch direkter Bahnanschluß bis in die Versuchshallen. Derzeit sind folgende Anlagen vorhanden:

Versuchsfeld für elektrische Maschinen und Apparate (Halle), in welchem verschiedene Stromarten mit Regelung und großer Leistung zur Verfügung stehen;

Versuchsfeld für Elektrogeräte, Installationsmaterial und Werkstoffe (Halle und Laboratoriumsräume) mit vielseitigen Möglichkeiten. Es sind weiters Sondereinrichtungen für Untersuchungen unter besonderen Verhältnissen, wie Klima, Staub, Feuchtigkeit, Wasser, Wärme und Kälte vorhanden, ferner auch eine Hochstromanlage;

Versuchsfeld für Schaltgeräte. Dieses ist in eine Hochspannungsschaltanlage, einen Raum für kurzschlußfeste Transformatoren, eine Versuchshalle mit Schaltleistungsprüfstand, eine Warte, einen Oszillographenraum sowie einen Lebensdauerprüfraum für Schaltgeräte und Schalterteile gegliedert;

Versuchsfeld für Hochspannung: Es verfügt über eine große Halle von 75 m Länge, 20 m Breite und 25 m Höhe sowie über eine Bedienungswarte mit Dunkelkammer und Laboratorium. Der kurzzeitig hoch überlastbare Prüftransformator von 600 kVA Nennleistung liefert regelbare Wechselspannungen von 0...600 kV. Seit Januar 1960 steht ein zweites Aggregat zur Verfügung, so daß 1200 kV erreicht werden. Der Stoßspannungsgenerator hat eine Spannung von 1,2 MV und leistet 12 kW/s. Die gesamte Versuchseinrichtung ist fahrbar, so daß mehrere Versuchsanordnungen gleichzeitig aufgebaut sein können. An der Stirnseite der Halle befindet sich ein Hubtor, durch welches Hochspannung, hauptsächlich für Versuche an Freileitungen, in das Gelände geleitet werden kann.

Neben diesen Hauptanlagen sind noch weitere kleine Versuchsräume, ein Feinmeßraum und ein Instrumentenzimmer, Werkstätten und Büros, Lager- und Versandräume, eine Hochspannungsschaltanlage samt Umspannern, ein Umformer- und ein Batterieraum sowie ein Regenwasserbecken für Hochspannungsversuche unter Beregnung vorhanden.

Außerdem besitzt die Anstalt einen Vortragssaal für 150 Personen, der zur Vorführung von Versuchen am Podium und in der Hochspannungshalle eingerichtet ist.

In Bau sind noch:

Versuchsfeld für schlagwetter- und explosionsgeschützte Geräte, das in einem getrennten Gebäude untergebracht ist und aus einer kleinen Versuchshalle und einem Montage-raum besteht (fertiggestellt Frühjahr 1960);

Ergänzung des Versuchsfeldes für elektrische Maschinen und Apparate durch zusätzliche Umformer und einen Verteiler für größere Leistungen (Inbetriebnahme Anfang 1960).

Folgende Anlagen sind in Vorbereitung:

Versuchsfeld für Hochleistungs- und Kurzschlußversuche. Hierfür steht ein eigenes Gebäude mit einer Halle für die Kurzschlußgeneratoren und Krananlagen bereit. Die Anlage

gliedert sich in Maschinenhalle, Schaltanlage, Prüfhalle, Montagehalle, Prü fzellen, Versuchshof, Freiluftumspanner und Kondensatoranlage. Für die Steuerung und Beobachtung der Versuche ist ein getrenntes kleines Gebäude gegenüber den Prü fzellen geplant (Errichtungszeit 3...4 Jahre);

Kleine Hochspannungshalle, Versuchsplatz für Entwicklungsarbeiten der Elektroindustrie;

Zweite Ausbaustufe des Versuchsfeldes für Hochspannung: Außer der bereits in Bau befindlichen zweiten Stufe der Umspannerkaskade, durch die Spannung und Leistung verdoppelt werden, ist ein zweiter Stoßgenerator für Höchstspannung vorgesehen. Ferner ist noch ein Gleichrichter für Höchstspannung geplant, mit dem Isolationsversuche und Experimente für elektrotechnische Anwendungen kernphysikalischer Vorgänge ermöglicht werden sollen.

Die Rolle der Elektrizitätsversorgungsunternehmen gegenüber den elektrotechnischen Versuchsanstalten kann verschiedenartig sein. Sie können einerseits diesen Einrichtungen direkte Aufträge für Entwicklungen, Versuche, Erprobungen usw. erteilen, oder indirekt, indem sie den Herstellern die Durchführung von Prüfungen und Abnahmemessungen in der Versuchsanstalt vorschreiben. Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen haben auch die Möglichkeit, sich dort neue Verfahren und Einrichtungen vorführen zu lassen oder die Versuchsanstalten zu Inbetriebsetzungen und Erprobungen sowie bei Reklamationen und Schadensfällen heranzuziehen.

Da die Wiener Elektrotechnische Versuchsanstalt bereits über eine gute Ausstattung verfügt, die durch den vorgesehenen Ausbau noch vergrößert wird, ist sie in der Lage, ein wichtiges Glied für den Ausbau der österreichischen Elektroindustrie und Elektrizitätswirtschaft zu werden.

J. GERSTBACH

(Maschinenwelt und Elektrotechnik, 14. Jg. [1959], H. 23/24, S. 577...563, 12 Abb.)

Stromeinwirkungen auf den Menschen

DK 614.825 : 616-001.21-08

Die Wiederbelebung des elektrisch Verunfallten. Von H. FISCHER, Zürich.

In der Arbeit wird die Ansicht der Ärztekommision der VSE zum Studium der Starkstromunfälle über die Maßnahmen zur Wiederbelebung elektrisch Verunfallter ausinandergesetzt. Das Thema ist deswegen aktuell, weil eben auch in unserem Lande die Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen durch die Elektrizität neu bearbeitet wurde.

Die Schweizer Arbeit teilt nun folgerichtig die Maßnahmen der ersten Hilfe in zwei Gruppen — den Niederspannungs- und den Hochspannungsunfall — ein.

Die Aufgabe, die sich beim Niederspannungsunfall für den Retter stellt, ist meist eine ungleich schwerere als beim Hochspannungsunfall, weil im Niederspannungsbereich das gefürchtete Herzkammerflimmern häufiger auftritt als bei Hochspannung. Eine Aussicht auf Erfolg der Wiederbelebungsversuche besteht nur, wenn mit der künstlichen Atmung so rasch wie möglich, d. h. in längstens 5...10 min begonnen wird. Deshalb kommt auch den apparatlosen Methoden der künstlichen Beatmung große Bedeutung zu. Fischer weist darauf hin, daß der Freihaltung der Atemwege oft zu wenig Beachtung geschenkt wird, und daß deshalb die Mund zu Mund oder Mund zu Nase Beatmung nach Dr. SAFAR besonders wirksam und zuverlässig ist.

Alle Methoden der künstlichen Beatmung, die Apparate benutzen, sind wohl für die Fortsetzung der Hilfsmaßnahme gut, doch stehen aber die Apparate unmittelbar nach dem Unfall meist nicht zur Verfügung. Wenn auch die Chancen für eine Späterrettung klein sind, so muß dennoch

die künstliche Atmung so lange fortgesetzt werden, bis der Arzt den sicheren Todeseintritt feststellt.

Sicherlich ist auch die Ansicht des Verfassers richtig, daß für die erste Hilfe weder der elektrische Gegendruck, noch die Thoraxöffnung mit direkter Herzmassage in Frage kommen, weil vom Eintritt des Flimmerns bis zum Einsetzen einer dieser beiden Hilfsmaßnahmen wohl fast immer zu viel Zeit verstreicht. So bleibt die Erkenntnis bestehen, daß wir beim Niederspannungsunfall mit der künstlichen Beatmung zwar alles Menschenmögliche für die Rettung des Verunglückten unternehmen werden, daß aber die Erfolgsaussichten leider nur gering sind, wenn Herzkammerflimmern aufgetreten ist.

Beim Hochspannungsunfall liegen die Verhältnisse insofern günstiger, als die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Herzkammerflimmern geringer ist. Dafür treten hier oft schwerste Verbrennungen auf, die das Leben des Verunglückten gefährden. Auch Lähmungen der Atmung können auftreten und man muß also auch beim Hochspannungsunfall so rasch wie möglich mit der künstlichen Beatmung einsetzen.

Statt echter Bewußtlosigkeit liegt bei Hochspannung oft nur ein Zustand der Betäubung oder des Schocks vor. Natürlich muß man bei Verletzungen oder Verbrennungen mit der künstlichen Beatmung besonders vorsichtig sein. Der Verfasser weist darauf hin, daß bei Verbrennungen Natriumbikarbonat zur Alkalisierung des Harns sofort verabreicht werden soll, wenn der Verunglückte bei Bewußtsein ist. Niemals darf jedoch einem Bewußtlosen eine Flüssigkeit eingefloßt werden. Die Verabreichung soll nach einer Stunde wiederholt werden, falls in dieser Zeit der Verunglückte noch nicht in Spitalbehandlung gelangt ist. Durch diese Sofortmaßnahme erreicht man, daß 20...30 min später die Neutralisierung oder Alkalisierung des Harns einsetzt, also gerade zu einem Zeitpunkt, in welchem bei schweren Verbrennungen, seien sie nun innerer oder äußerer Natur, eine reichliche Myoglobinausscheidung auftritt, die zu einer schweren Nierenschädigung führen kann.

(Bull. SEV, 51 Jg. [1960], H. 15, S. 751...757.)

G. BIEGELMEIER

DK 616-001.21/22: 621.014.424

Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen.

Von W. BEINTKER, Kaiserslautern.

Der Autor bespricht in seiner Arbeit nicht nur die Wirkungen des Stromes auf das menschliche Herz, sondern auch Reiz- und Wärmewirkungen im allgemeinen, die Gefährdungsgrenzen, die Haut- und Körperwiderstände und den Spannungsdurchbruch der Haut und kommt abschließend auf das Herzkammerflimmern, die Wiederbelebung und Fragen der ersten Hilfe zu sprechen. Der Abschnitt über Reiz- und Wärmewirkungen gibt einen kurzen Überblick über gewisse Grundfragen der Elektrophysiologie und skiz-

ziert die verschiedenen Wirkungen elektrischer Ströme in Abhängigkeit von der Frequenz. Bei den Gefährdungsgrenzen werden für Wechselstrom die bekannten Bereiche nach KOEPPEN angegeben, für Gleichstrom entsprechende Gruppen nach KILLINGER. Dabei streift der Verfasser auch die amerikanischen Messungen und Rechnungen von FERRIS und KING und DALZIEL. Die Rolle des Haut- und Körperwiderstandes beim Elektrounfall wird recht ausführlich auseinandergesetzt, und der angegebene Mittelwert des Körperwiderstandes von 1 k Ω kann heute beinahe schon als Standardwert angesehen werden. Der Verlauf des Widerstandes des menschlichen Körpers in Abhängigkeit von der Spannung und die Grenzwerte nach FREIBERGER sind dargestellt, wobei auch auf den so wesentlichen Umstand hingewiesen wird, daß der Hautdurchbruch selbst einige Zeit (im allgemeinen 3...5 s) benötigt. Der Abschnitt über das Herzkammerflimmern beschränkt sich auf die bekannten Darstellungen und setzt voraus, daß Flimmern nur durch einen einzigen biologischen Mechanismus hervorgerufen wird. Tatsächlich dürfte ja Kammerflimmern durch zwei verschiedene biologische Ursachen entstehen, und zwar entweder durch direkte Wirkung des elektrischen Stromes auf den Herzmuskel oder durch eine, infolge des elektrischen Traumas hervorgerufene Störung des Reizleitungssystems im Herzen. Vielleicht ist der Ausdruck dieser verschiedenen Ursachen auch die vom Autor erwähnte Tatsache, daß Herzkammerflimmern in zwei Erscheinungsformen auftritt, und zwar entweder in den gefährlicheren tonähnlichen Schwingungen oder in einer fast sinusförmigen Form. Für die Wiederbelebung werden die bekannten Methoden der künstlichen Atmung und der indirekten Herzmassage nach KÖNIG-MASS empfohlen. Für die ärztliche Hilfeleistung wird eine interkardiale Injektion einer Mischung von Novokainamid und Adrenalin erwähnt, da dadurch das Kammerflimmern in jedem Fall in die leichter zu beseitigende Form des Schwebungsflimmerns übergeht. Man hat dann wenigstens eine kleine Chance, mit Hilfe eines Defibrillators oder durch die künstliche Atmung mit indirekter Herzmassage den Herzschlag in den normalen Rhythmus überzuführen. Bei Verbrennungen wird die Verabreichung einer Lösung von einem Teelöffel Natriumbikarbonat auf $\frac{1}{3}$ l Wasser als zweckmäßig erachtet. Interessant ist die Schlußfolgerung des Autors, daß Schutzeinrichtungen zweckmäßigerweise auf den Fehlerstrom und nicht auf die Fehlerspannung ansprechen sollten, wobei anzustreben wäre, daß die Auslösekennlinie der FI-Schutzschalter unter einer festzusetzenden Wahrscheinlichkeitsgrenze für den tödlichen Ausgang eines Elektrounfalls liegt. Damit kommt der Autor zu der Forderung des physiologisch angepaßten Fehlerschutzschalters und so zu einer Entwicklungsrichtung im Schutzschalterbau, die in Österreich schon seit geraumer Zeit verfolgt wird.

G. BIEGELMEIER

(Techn. Überwach., Bd. 2 [1961], H. 1, S. 17...20, 9 Abb., 2 Tab., 18 Qu.)

Buchbesprechungen

DK 621.373.431.1 (048.1)

Multivibratorschaltungen (Einführung in die Robotertechnik). **Roboterschaltungen** (Elektronische Sinnesorgane und Nervensysteme). Von A. H. BRUINSMA. (Populäre Reihe der Philips Technischen Bibliothek, Eindhoven.) 76 S. mit 41 Abb. und 144 S. mit 53 Abb. 1958. S 47,— bzw. S 65,—.

Ausgehend von der Definition des Roboters als Schaltung oder Maschine, die eine oder mehrere Tätigkeiten ausführen kann, die sonst dem Menschen oder anderen Lebewesen eigen sind, wobei die Reaktionen auf äußere Einflüsse mit

denen lebender Wesen zu vergleichen sind, wollen diese beiden Bände eine Einführung in die Robotertechnik geben.

Im ersten Teil werden die Eigenschaften der Multivibrator- und Torschaltungen und ihr Verhalten bei Rechteck- und Nadelpulsen beschrieben, wobei der Verfasser bemüht ist, die Materie ohne Formeln und Ableitungen darzustellen (es wird nur die Kenntnis der Wirkungsweise von Elektronenröhren vorausgesetzt).

Der zweite Band bringt die Beschreibung zweier Geräte, die mit diesen Elementen aufgebaut sind. Der künstliche Hund hat Sinnesorgane (Gehör-, Tast- und Gesichtssinn)

und ein Gehirn zur Auswertung der aufgenommenen Reize. Der zweite Abschnitt befaßt sich mit dem Problem „Elektronisch Denken“. Der hier beschriebene Apparat löst das Problem des Römischen Mühlespiels mit Hilfe einer Diodenmatrix.

Leider stört an diesen sehr interessant und instruktiv geschriebenen Broschüren die schwerfällige und teilweise mangelhafte Übersetzung, wie man sie bei den Veröffentlichungen dieser Firma nicht erwarten würde.

Dem interessierten Leser bieten diese beiden Bände einen Einblick in die Bemühungen um die Nachbildung von Sinesorganen und Nervensystemen; dabei erkennt er auch, daß es niemals möglich sein wird, einen vollendeten Roboter mit den Eigenschaften eines selbständig denkenden, fühlenden und schöpferischen Menschen zu schaffen.

F. SKACEL

DK 389.6 (43) : 621.822 (048.1)

Gestaltung von Lagerungen mit Gleit- und Wälzlageren.
VDI-Bericht Band 36: 121 S., 220 Abb., 47 Zahlentafeln.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1959. DM 36,—.

Die auf der VDI-Tagung in Mannheim im Oktober 1958 gehaltenen Vorträge sind in Buchform vereinigt wiedergegeben. Was die Theorie der Gleitlager anbelangt, sind in drei Aufsätzen die Berechnung und Gestaltung für den Fall unveränderlicher Belastung, die Erweiterung der hydrodynamischen Schmierungstheorie auf veränderliche Belastung und — als Sonderfall hiervon — das Schwingungsverhalten des Systems Welle—Lager behandelt. Im Allge-

meinfall variabler Belastung ist der Mitnahmestromung des Schmiermittels eine durch die Bewegung des Wellenmittelpunktes gegebene Verdrängungsstromung überlagert. In dem ersten Aufsatz wird fälschlich versucht, die Druckbildung in der Schmierschicht durch einen Vergleich mit dem Wasserskifahren verständlich zu machen! Ein Aufsatz gilt den Gleitlagerwerkstoffen (einschließlich der nichtmetallischen) und ihrer zweckmäßigen Verwendung, einer den Eigenschaften von Mineralölen. Eine Arbeit befaßt sich mit der Gestaltung und Berechnung einer Gleitlager-Sonderbauform, den Axial-Wechselagern, auch gekoppelte Axiallager genannt. Die zulässige Belastung der Wälzlager wird in einer sehr aufklärenden Übersicht behandelt. Drei Aufsätze gelten Wälzlagerkonstruktionen (und ihrer Anwendung), die verhältnismäßig neu oder doch noch minder verbreitet sind: den Vierpunktlagern, den Axial-Zylinderrollenlagern, den Nadellagern, den kombinierten Nadel-Axialkugellagern und den sogenannten UKF-Spezialkugellagern. Letztere sind zweireihige, axial zweiseitig abstützende Schrägkugellager, die durch eine Reihe von „Trennkugeln“ zwischen den beiden tragenden Kugelreihen vorgespannt und damit spielfrei sind. Die Trennkugeln werden außen von einem frei drehbaren Führungsring umschlossen. Diese käfiglosen Lager sind sehr geeignet zur Lagerung von Werkzeugmaschinen-Hauptspindeln. Je eine Arbeit handelt von den Lagerungen bei elektrischen Maschinen, bei Kreiselpumpen, bei Kolbenverdichtern und in Walzwerksanlagen.

Das Buch bietet von der praktischen Seite her viel. In der Natur der Sache liegt es, daß Vorträge auf Tagungen über Theorie in erster Linie Anregungen geben.

E. PAWELKA

Eingelange Bücher und Schriften

Mathematik für Ingenieure und Techniker. Von R. DÖRLING †. 6., verbesserte Auflage. 634 Seiten mit 306 Abb. München: R. Oldenbourg Verlag GmbH. 1961. Brosch. DM 17,80.

Am Inhalt und an der bewährten Darstellungsart dieses

bekannten Nachschlagewerkes hat sich in der nunmehr vorliegenden sechsten Auflage nichts geändert, zu deren Herausgabe sich der Verlag, nachdem die fünfte Auflage schon jahrelang vergriffen war, auf Grund zahlreicher Nachfragen entschlossen hat.

Mitteilungen

Jahreshauptversammlung der VGB

In der Zeit vom 29. Juni bis 1. Juli 1961 führt die Vereinigung der Großkesselbesitzer e. V. (VGB), Essen, ihre diesjährige Jahreshauptversammlung in Wien durch. Die Vereinigung, die seit 40 Jahren besteht, ist ein technisch-wissenschaftlicher Verein mit dem Ziele, die Erfahrungen im Bau und Betrieb von Dampferzeugungsanlagen zu sammeln, auszuwerten und die Entwicklung der Dampferzeugungstechnik zu fördern. Mitglieder der VGB sind die Kraftwerke der öffentlichen und industriellen Energieversorgung, vor allem des deutschen Bundesgebietes. Es gehören aber auch Energiebetriebe anderer europäischer Länder der Vereinigung an. Darunter sind 11 österreichische Werke.

Bei der Vortragsveranstaltung im Wiener Konzerthaus am 29 und 30. Juni 1961 werden entsprechend den Aufgaben der VGB grundsätzliche Fragen des Kraftwerks- und Kesselbaues behandelt. Die Vorträge finden, wie in jedem Jahre, ihren Abschluß durch einen Vortrag von allgemeiner Bedeutung. Es spricht dabei Professor Dr. B. GRIMSCHITZ, Wien, über das Thema „Österreich in der deutschen Kunst“.

Besichtigungsfahrten zu den verschiedenen österreichischen Kraftwerken beschließen die Tagung.

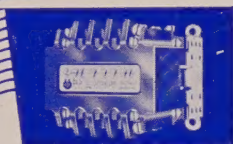
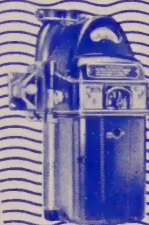
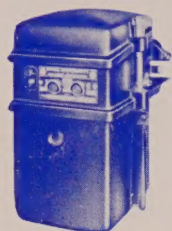
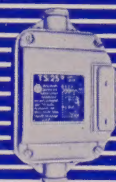
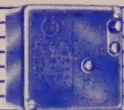
An der Tagung nehmen neben den Vertretern der zuständigen Landesbehörden die Vertreter der Mitgliedswerke und auch aller Industrierwerke teil, die an der Dampferzeugungstechnik und damit an den Aufgaben der VGB interessiert sind.

Vortrag im ÖVE

17. Mai 1961: Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. H. Voss (AEG Fabrik Heiligenhaus) über: „Die selbsttätige Regelung von Dampferzeugern“. Zeit: 18.00 Uhr c. t. — Ort: Wien I, Eschenbachgasse 9, II. Stock, Großer Saal.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. F. Schöffel, Sicherheitsingenieur der ÖEWAG, Wien I, Am Hof 6.
Ing. F. Schaffer, Wien XIII, Hermesstraße 1a.
Ing. Gerhart Amon, Wien IX, Glasergasse 10.
Ing. Leopold Havran, Wien XII, Tichtelgasse 24.
Ing.-Kons., Dr. phil. Georg Biegelmeier, Wien XIX, Heiligenstädter Straße 187.
Prof. Ing. F. Kracmar, Wien XVI, Possingergasse 63.
Ing. F. Maresch, Wien VIII, Florianigasse 3.
Ing. F. Kerkoszek, Wien XVIII, Währinger Straße 80—82.



SBIK-Niederspannungs-Schaltgeräte erkennt man an ihrer ausgereiften Konstruktion und zuverlässigen Betriebsweise. Wir liefern für Spannungen bis 500 V und Stromstärken bis 600 A:

Fernschalter · Steuerschalter · Handbetätigte Ueberstromschalter · FI- und FU-Schutzschalter · Schaltchränke sowie gußgekapselte Verteilungsanlagen.

Ausführliche Angaben über unser gesamtes, vielseitiges Fabrikationsprogramm enthält unsere SBIK-Auszugsliste, die wir Ihnen auf Anforderung gerne zusenden.

SCHIELE INDUSTRIEWERKE KG
HORNBERG/SCHWARZWALDBAHN

Werkvertretungen für Österreich:

Adolf Kranzl, Wien IV, Resselgasse 5/23
Telefon: 65 06 76, Fernschreiber 01 2262

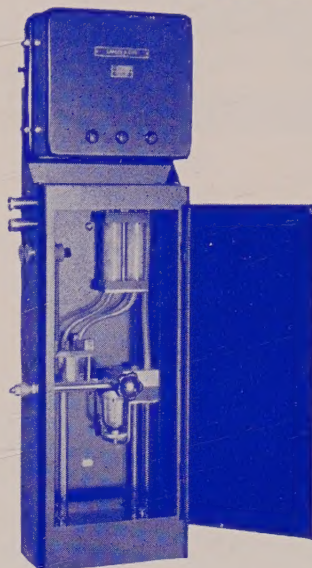
Franz Schmachtl, Linz/Donau, Walterstraße 2/I
Telefon: 226 57, Fernschreiber 02 373

Industrieschaltgeräte
nach VDE 0660/52

DER RAUCHGAS-PRÜFER

LANDIS & GYR zur Verminderung der Abgasverluste

Fortlaufende und rasche Bestimmung der
CO₂ und CO + H₂ Gehalte der Feuerung



- Absolut korrosionsbeständig
- Unerreicht große Betriebssicherheit
- Anspruchslos in der Wartung
- Große Genauigkeit

große Brennstoffersparnisse

rasche Amortisation

In 3097

ELEKTROMETER GMBH

Wien I, Franz-Josefs-Kai 47

GRAND-HOTEL PANHANS

(SEMMERING 1040 m)

Modernst ausgestattetes Haus mit neuen Appartements, Gesellschaftsräumen, Wintergarten, Liegeterrassen, Bar, Hotelkino, Garagen

Schwechater Bierstuben (bürgerl. Restaurant)

Panhans-Weindiele, täglich Stimmungs- und Tanzmusik

Temperiertes Alpenstrandbad (im Sommer)

Maurisches Sprudelschwimmbad (im Winter)


Panhans-Gäste-Reiten

Panhans-Tennisplatz, resp. Eislaufplatz


Sessellift auf den Sonnwendstein, Hirschenkogel und Stuhleck ganzjährig in Betrieb

Tagespension, Wochenarrangements, Sonderarrangements für Tagungen und Veranstaltungen

GRAND-HOTEL PANHANS, Semmering: 02664/366—369, 485 · Fernschreiber: 01/676

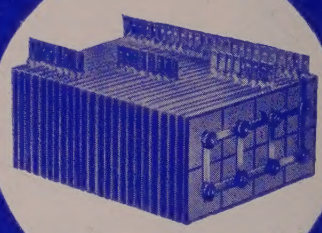


ANLAGEN




GLEICHRICHTER

SCHRACK

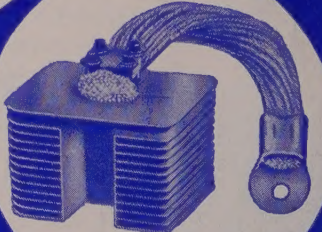


SELENGLEICHRICHTER



SILIZIUMGLEICHRICHTER

SYSTEME



GERMANIUMGLEICHRICHTER